

Revidert risikovurdering  
av propelloppvirveling  
av sedimenter ved Hydro  
Sunndals kaiområde



Norsk institutt for vannforskning

# RAPPORT

Hovedkontor	Sørlandsavdelingen	Østlandsavdelingen	Vestlandsavdelingen	NIVA Midt-Norge
Gaustadalléen 21 0349 Oslo Telefon (47) 22 18 51 00 Telefax (47) 22 18 52 00 Internett: www.niva.no	Jon Lilletuns vei 3 4879 Grimstad Telefon (47) 22 18 51 00 Telefax (47) 37 04 45 13	Sandvikaveien 59 2312 Ottestad Telefon (47) 22 18 51 00 Telefax (47) 62 57 66 53	Thormøhlensgate 53 D 5006 Bergen Telefon (47) 22 18 51 00 Telefax (47) 55 31 22 14	Pirsenteret, Havnegata 9 Postboks 1266 7462 Trondheim Telefon (47) 22 18 51 00 Telefax (47) 73 54 63 87

Tittel  Revidert risikovurdering av propelloppvirveling av sedimenter ved Hydro Sunndals kaiområde	Løpenr. (for bestilling)  6305-2012	Dato  2012.02.16
Forfatter(e)	Prosjektnr. Undernr.  O-10211	Sider Pris  44
Bakke, Torgeir Håvardstun, Jarle	Fagområde  Marine miljøgifter	Distribusjon
	Geografisk område  Møre og Romsdal	Trykket  NIVA

Oppdragsgiver(e)  Hydro Aluminium Sunndal	Oppdragsreferanse  Arne Magne Johannesen
---	---

## Sammendrag

Ved bruk av Klifs risikoveileder (SFT TA-2802/2011), er det gjennomført en risikovurdering av propellgenerert oppvirveling av sjøsediment utenfor Hydro Aluminium Sunndal. Beregnet mengde oppvirvlet sediment pr skipsanløp er 5000 kg. Samlet årlig oppvirveling er 1250 tonn. Beregnet utlekking av sumPAH<sub>16</sub> til vann er 46 kg/år, mest av naftalen. Metallutlekking er høyest for sink med 9 kg/år. Utlekking av PCB og TBT er svært liten. Benzo(a)pyren utgjør størst risiko for human helse, fulgt av sum PCB<sub>7</sub>. Analyse av lokal sjømat tilsier at reell risiko fra benzo(a)pyren er lav. Omrent alle PAH-forbindelsene bidrar til risiko for effekter på sedimentlevende dyr. TBT gir høy beregnet risiko for effekter av porevannet, men denne er trolig ikke reell. Reell risiko for effekter i vannmassene over sedimentet er liten. Ut fra en positiv utvikling i lokal PAH-forurensning og en rik bunnfauna synes det å være god grunn til å anbefale naturlig restitusjon som tiltaksalternativ på sedimentene. Resultatene peker ikke på klare behov for miljørisikoreduserende tiltak på skipstrafikkmonsteret.

Fire norske emneord	Fire engelske emneord
1. Sedimentoppvirveling	1. Sediment resuspension
2. Risikovurdering	2. Risk assessment
3. Skipstrafikk	3. Ship traffic
4. Havneforurensning	4. Polluted harbours

Torgeir Bakke

Prosjektleder

Morten Schaanning

Forskningsleder

Kristoffer Næs

Forskningsdirektør

ISBN 978-82-577-6040-3

## **Revidert risikovurdering av propelloppvirveling av sedimenter ved Hydro Sunndals kaiområde**

## Forord

NIVA har gjennomført en risikovurdering av propelloppvirvling av sedimenter utenfor kaiene ved Hydro Sunndal. Dette er en revisjon av tidligere vurdering (NIVA rapport 5975-2010). Oppdragsgiver har vært Hydro Aluminium Sunndal ved Arne Magne Johannessen. Jarle Håvardstun har vært prosjektleder bortsett fra i rapporteringsfasen der Torgeir Bakke har overtatt. Jarle Håvardstun har også stått ansvarlig for innsamling og analyse av sedimentprøver for prosjeket. Torgeir Bakke har gjennomført risikovurderingen og stått ansvarlig for sluttrapporten. Kristoffer Næs har stått for kvalitetskontroll av rapporten.

Oslo, 16. februar 2012

*Torgeir Bakke*

# Innhold

<b>Innhold</b>	<b>5</b>
<b>Sammendrag</b>	<b>7</b>
<b>Summary</b>	<b>9</b>
<b>1. Bakgrunn</b>	<b>11</b>
<b>2. Metoder og gjennomføring</b>	<b>13</b>
2.1 Risikovurdering av forurensset sediment	13
2.2 Prøvetaking og bakgrunnsdata	14
2.3 Analyser	15
2.4 Kaianlegget	15
2.5 Vurdert sedimentareal	16
2.6 Bruk av lokalt tilpassede data	17
<b>3. Risikovurdering</b>	<b>19</b>
3.1 Spredning av miljøgifter til vannmassene	19
3.2 Risiko for effekter på human helse	22
3.3 Risiko for økologiske effekter	24
3.4 Spredning som følge av spill fra kaiaktiviteten.	26
3.5 Konklusjon fra risikovurderingen	27
<b>4. Vurdering av behovet for tiltak</b>	<b>29</b>
4.1.1 Forhold til vannforskriften	29
4.1.2 Betydning av propellerosjon for risiko fra PAH	29
<b>5. Referanser</b>	<b>31</b>
<b>Vedlegg A. Rådata sedimentanalyser</b>	<b>33</b>



## Sammendrag

Klima og Forurensningsdirektoratet, (Klif) har gitt Hydro Aluminium Sunndal varsel om pålegg om å gjennomføre risiko- og tiltaksvurdering av propellgenerert oppvirvling av forurenset sjøsediment utenfor Hydro aluminium Sunndals kaiområder. Hensikten er å få avklart om den normale havnevirksomheten medfører en uakseptabel spredning av miljøgifter, og om det er behov for å iverksette avbøtende tiltak. Vurderingen er gjort med utgangspunkt i Trinn 2 i Klifs veileder for risikovurdering av forurenset sediment (SFT TA-2802/2011), og på grunnlag av sedimentanalyser utført i 2011 samt opplysninger om skipstrafikkmonster utenfor Hydro Aluminium. Det er videre anvendt lokalt utledede konstanter for bindingsforhold av PAH til partikler.

Den beregnede mengden finfraksjon av sedimentene som virvles opp ved et anløp en vei er 2500 kg, eller 5000 kg samlet for anløp og avgang. Samlet årlig oppvirvling er beregnet til 1250 tonn.

Årlig tilførsel av sumPAH<sub>16</sub> til vannmassene fra sedimentarealet utenfor Hydro Sunndal er 48 kg/år. Største tilførsel av enkeltstoffer er 17 kg/år for naftalen og 9 kg/år for sink. For lavmolekylære PAH betyr diffusjon mest, for de høymolekylære bidrar propellerosjon mest. Størst metalltilførsel er fra sink med 9 kg/år. For metallene kommer det største bidraget fra propellerosjonen. Tilførselen av PCB og TBT er svært liten.

Størst bidrag til beregnet risiko for skade på human helse utgjøres av PAH-forbindelsen benzo(a)pyren som har meget lav grenseverdi fordi den er kreftfremkallende. Overskridelsen er også relativt høy for sum PCB<sub>7</sub>, og det er en liten overskridelse for naftalen og TBT. Analyse av miljøgifter i lokal sjømat tilsier at den reelle risikoen for human helseskade fra benzo(a)pyren er lav. Det er ikke gjort tilsvarende analyser av sum PCB<sub>7</sub> i lokal sjømat, men analyser av dioksinliknenede PCB har i allfall vist lave nivåer i sjømat fra Sunndalsfjorden.

Sedimentkonsentrasjon av alle PAH-forbindelsene unntatt acenaftylen bidrar til risiko for økologiske effekter på organismer i sedimentet, mens TBT dominerer beregnet risiko basert på porevannskonsentrasjoner. Kobber, nikkel og flere av PAH-forbindelsene bidrar også noe til denne risikoen. Det er flere grunner til å anta at den høye risikoen fra TBT ikke er reell, men man kan ikke helt utelukke at stoffet representerer en viss risiko.

Det er bare utlekkingen av TBT som utgjør noen risiko for effekter på organismer i vannmassene, men også her anser vi den reelle risikoen fra TBT som svært liten.

Sedimentenes innhold av miljøgifter tilfredsstiller ikke vannforskriften krav om god miljøtilstand, men siden PAH-konsentrasjonene har hatt stor nedgang siden 1986 og siden hele området har en rik bunnfauna (klasse I og II), kan det være god grunn til å anbefale at det ikke gjennomføres aktive tiltak, men at man følger den forventede naturlige restitusjonen gjennom overvåking. Resultatene peker ikke på klare behov for miljørisikoreduserende tiltak på skipstrafikkmonsteret utenfor kaiområdet.



## Summary

Title: Revised risk assessment of propeller generated erosion of sediments outside Hydro Sunndal port area.

Year: 2012

Author: T. Bakke, J. Håvardstun

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN No.: ISBN 82-577-6040-3

The Norwegian Climate and Pollution Agency (Klif) has announced a request that Hydro Aluminium Sunndal performs a risk and remediation assessment of propeller generated sediment resuspension outside their harbour area at Hydro Sunndal. The purpose is to assess whether the normal harbour operations result in an unacceptable dispersion of contaminants from the sediments, and if there is a need for remedial action. The risk assessment is made according to Tier 2 in the Klif guidelines for risk assessment of contaminated sediments (SFT TA-2802/2011) based on sediment analyses performed in 2011 as well as information on ship traffic pattern at port. Locally derived sediment-to-water equilibrium coefficients for PAHs have also been applied.

The estimated amount of sediment material resuspended during one ship movement to/from port is 5000 kg. The annual resuspended amount is 1250 tons.

The estimated annual transport of sum PAH<sub>16</sub> is 46 kg/yr. The largest transport of single compounds is 17 kg/yr for naphthalene and 9 kg/yr for zink. Diffusion accounts for most of the transport of low molecular PAHs, propeller erosion for most of the transport of high molecular PAHs. The largest metal transport is for zink with 9 kg/yr primarily from propeller erosion. The transport of PCB and TBT is small.

The largest contribution to the estimated risk to human health is from benzo(a)pyrene, being cancerogenic. Sum PCB<sub>7</sub> also gives a considerable risk contribution. Analysis of local seafood indicates that the real risk from benzo(a)pyrene is low. Corresponding analyses have not been done for PCBs, but analysis of dioxin-like PCBs has at least shown low levels in seafood from Sunndalsfjorden.

The sediment content of all PAH compounds except acenaphthylene contribute to the risk of ecological effects on sediment organisms, whereas TBT dominates the risk from pore water contamination. Pore water levels of copper, nickel, and several PAH compounds also contribute to the risk. There are several reasons to conclude that the risk from TBT is strongly overestimated, but it cannot be entirely ruled out. Leakage of sediment TBT is the only contributor to the estimated risk of effects on organisms in the water masses.

The contaminants in the near port sediments do not comply with the criteria for good environmental quality in the Norwegian Water Regulations (Vannforskriften). However, since the PAH contamination has shown a considerable improvement since 1986 and the bottom fauna in the inner part of the fjord demonstrates good environmental status (Klif quality class I and II), there seems to be good reasons to recommend “monitored natural attenuation” as the optimal remediation alternative for the sediments. The results do not point to any clear need for environmental risk reducing modifications of the ship traffic pattern in the area.



## 1. Bakgrunn

Klima og forurensningsdirektoratet (Klif) ga i 2009 Hydro Aluminium Sunndal varsel om pålegg om «å gjennomføre undersøkelser, risiko- og tiltaksvurdering av forurensningsbidraget til sjø og sjøbunn fra Hydro Sunndals havnevirksomhet». Hensikten med pålegget vil være å få avklart om den normale havnevirksomheten medfører en uakseptabel oppvirvling og spredning av miljøgifter, og om det er behov for å iverksette avbøtende tiltak. Størst oppmerksamhet knytter seg til oppvirvling av forurenset sediment ved manøvrering av større båter i havneområdet. Erfaring viser at propellgenerert oppvirvling selv fra store båter, skjer i områder grunnere enn ca. 20m. Slike områder finnes i innseilingen til Kaianlegget til Hydro Sunndal

Risikovurderingen ble gjennomført av NIVA og rapportert i 2010 (NIVA rapport l.nr. 5975-2010). På bakgrunn av ny anmodning fra Klif har Hydro Sunndal bedt NIVA revidere og oppdatere risikovurderingen etter følgende spesifikasjon:

- Beregninger og risikovurdering gjennomføres etter Klifs reviderte veileder TA-2802/2011.
- Risikovurderingen baserer seg på nye sedimentdata fra 6 stasjoner innenfor bunnområdet som kan påvirkes av skipstrafikken.
- Vurderingene gjøres for de skipspåvirkede arealene ( $A_{skip}$ ) utenfor kaiene, men sammenliknes ikke med øvrige sedimentområder i fjorden.



## 2. Metoder og gjennomføring

### 2.1 Risikovurdering av forurensset sediment

Krif har utarbeidet en revidert veileder i risikovurdering av forurensset sediment (SFT TA-2802/2011) til bruk på forurensset sediment i fjord og kystområder inkludert havner. Vi har benyttet veilederen med tilhørende Excel-basert regneark for å gjennomføre vurderingen. Veilederen omfatter en trinnvis risikovurdering med økende kompleksitet og sterkere lokal forankring i utregningene for hvert trinn.

Trinn 1 er en ren klassifisering av risiko for økologiske effekter i sedimentet basert på konsentrasjoner av miljøgifter og utvalgte toksisitetstester.

Trinn 2 omfatter beregning av spredning av miljøgifter fra sedimentene og risiko for skade på økologi og human helse.

Trinn 3 er en raffinering av Trinn 2 der sjablongverdier erstattes av målte, stedegne verdier. Det er stor frihet i å velge hvilke sjablongverdier man ser behov for å skifte ut.

Risikovurderingen av sedimentene utenfor Hydro Sunndal følger i det vesentlige Trinn 2.

Fundamentet i Trinn 2 er beregninger av spredning av miljøgifter fra sedimentet til omgivende miljø via 3 transportveier:

- diffusjon forsterket av bioturbasjon<sup>1</sup>,
- oppvirvling grunnet turbulens fra skipspropeller,
- bioakkumulering og transport gjennom næringskjeden.

I Trinn 2 beregnes samlet årlig transport av miljøgifter fra sedimentet til vannmassene, risiko for skade på organismer i sediment og omgivende vann og risiko for skade på human helse primært gjennom konsum av sjømat som har akkumulert miljøgifter fra sedimentet via næringskjeden. Risikoen kvantifiseres som faktor for overskridelse av omforente grenseverdier for skade.

Selv om beregningene etter SFT TA-2802/2011 dekker alle spredningsveien har vurderingen primært lagt vekt på risiko knyttet til spredning av miljøgifter forårsaket av propellerosjon.

---

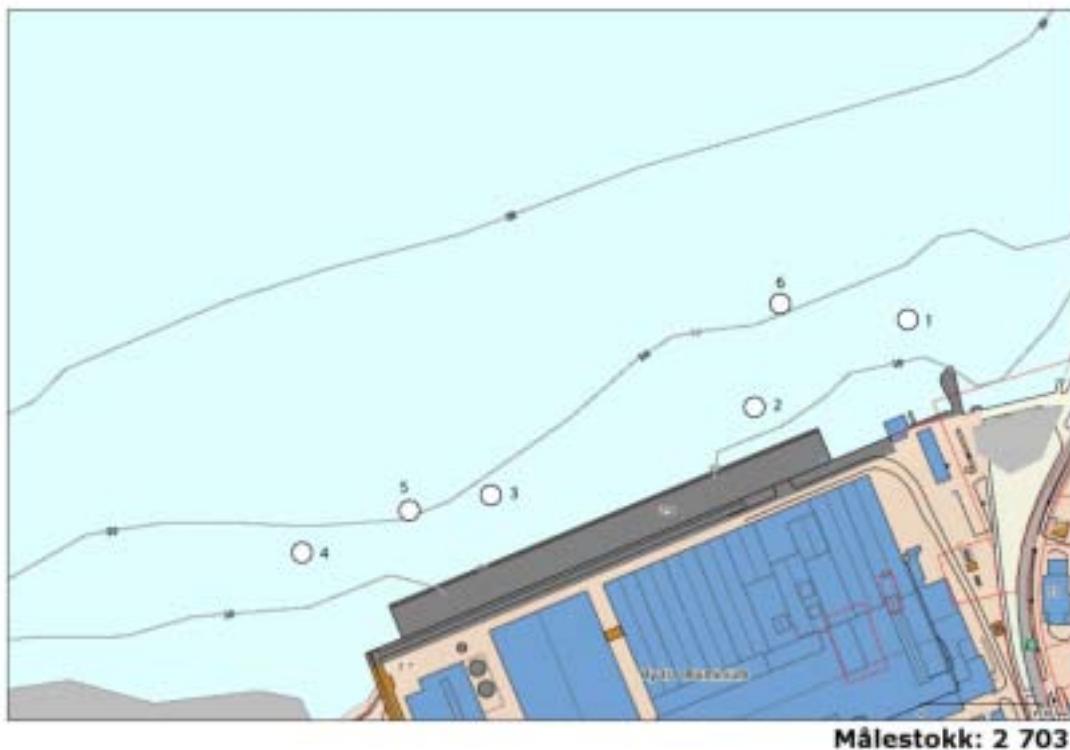
<sup>1</sup> Omrøring av sedimentene som følge av dyrs graveaktivitet

## 2.2 Prøvetaking og bakgrunnsdata

Vurderingen er basert på analyse av sedimentprøver tatt innenfor området som forventes å være påvirket av propellersjon utenfor kaiene til Hydro Aluminium. Prøvene er fra sediment på 12 – 21 m dyp. Prøvetaking ble gjennomført 02/06/2011 fra taubåten «Waterbjørn». På alle stasjoner ble det laget en blandprøve fra 4 van Veen grabber. Et unntak er stasjon 4 som er blandprøve av tre grabber grunnet en del bomskudd. Oversikt over prøvematerialet er gitt i Tabell 1.

Tabell 1. Stasjonsdetaljer fra prøveinnsamling i Sunndalsfjorden 02/06/2011.

Stasjon	N	Ø	Dyp, m	Analyser	Type
1	62° 41,086	8° 33,192	15	PAH,metaller,PCB	1 blandprøve
2	62° 41,055	8° 33,059	12	PAH,metaller,PCB	1 blandprøve
3	62° 41,006	8° 32,867	19	PAH,metaller,PCB	1 blandprøve
4	62° 40,982	8° 32,721	16	PAH,metaller,PCB	1 blandprøve
5	62° 41,002	8° 32,848	21	PAH,metaller,PCB	1 blandprøve
6	62° 41,081	8° 33,095	20	PAH,metaller,PCB	1 blandprøve



Figur 1. Kart som viser stasjonsplassering og stasjonsnummer for sedimentprøvetakingen ved Hydro Sunndal.

Veilederen oppgir sjablongverdier for oppvirvling av mengde sediment pr. skipsanløp for tre ulike standardkategorier av havner. Disse normaliseres mot aktuell lengde på skipstraseen grunnere enn 20

m. Opplysninger om skipstraseer og antall skipsanløp pr. år er gitt av Hydro Aluminium ved Kåre Magne Lingjærde.

Veilederen dekker beregninger for anslagsvis 40 kjemikalier og miljøgifter. Denne vurderingen omfatter metaller, PAH, PCB og TBT. For de fleste av PAH-forbindelsene har vi benyttet stedsspesifikke Kd-verdier hentet fra Ruus m.fl. (2007) i stedet for de generelle verdiene i veilederen. Forbindelsene det er brukt slike verdier for er vist i Tabell 3.

## 2.3 Analyser

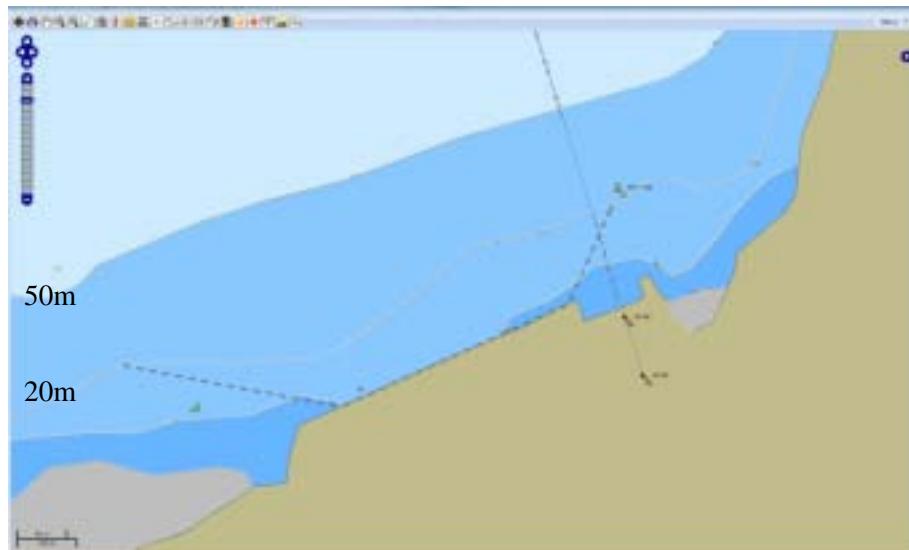
Analyse av tørrstoff, andel finstoff, PAH, PCB og tinnorganiske forbindelser er gjort av Eurofins, og analyse av metall er gjort av NIVA. Analyseresultatene er gitt i vedlegg.

## 2.4 Kaianlegget

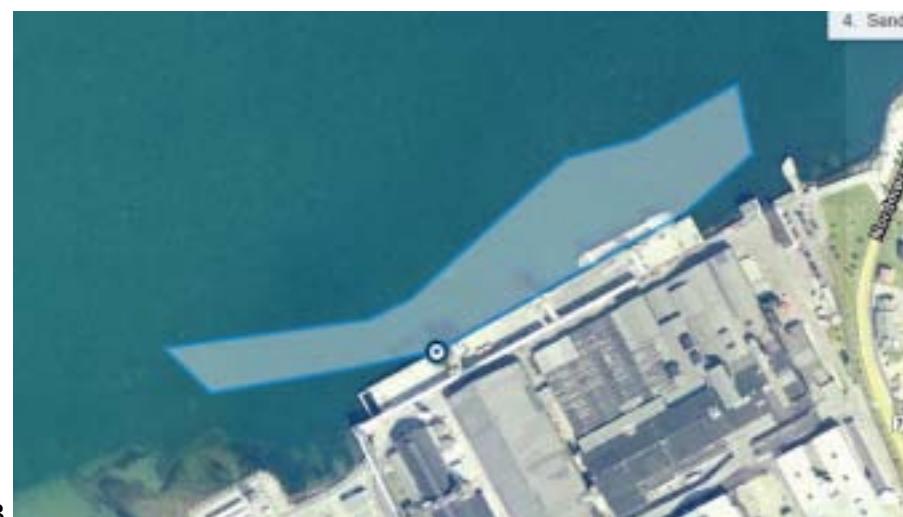
Beliggenheten av kaien med dybdekoter inntegnet er vist på kart i Figur 2A. Det er gjennomført beregninger av oppvirvling av sediment fra skip som anløper kaien. Samlet trasélengde for anløp og avgang er ut fra Figur 2A ca. 660 m eller 330 m for en enkeltbevegelse.

## 2.5 Vurdert sedimentareal

Veileder TA-2802/2011 er utviklet for risikovurdering av områder som det kan være aktuelt å gjøre tiltaksvurdering for. Arealet i området benevnes  $A_{sed}$ . Det delområdet av dette som kan bli påvirket av skipspropeller benevnes  $A_{skip}$ . For indre del av Sunndalsfjorden er det ikke definert noe geografisk risikoområde annet enn  $A_{skip}$ . Risikovurderingen er derfor gjort for dette (Figur 2B). Arealet av  $A_{skip}$  er 40 000 m<sup>2</sup>.



A



B

Figur 2. A: Kart over kaianlegget med dybdekoter og traselengde (stiplet linje) inntegnet.  
Kartgrunnlag: Kystverket. B: Foto som viser kaianlegget med forventet skipspåvirket område  $A_{skip}$ .  
Kartgrunnlag: <http://kart.gulesider.no/>

## 2.6 Bruk av lokalt tilpassede data

Beregningene i Trinn 2 er i hovedsak basert på sjablongverdier for utvalgte konstanter og koeffisienter, men der stedegne data finnes, bør de brukes. Sjablongverdiene er satt ut fra eksisterende kunnskap og er rimelig konservative for å unngå å frismelde områder som egentlig utgjør en risiko for miljø og helse. I de fleste tilfeller vil generering av stedegne data være ledd i en risikovurdering Trinn 3. Tabell 2 viser de steds-spesifikke verdiene som er brukt i vurderingen.

Tabell 2. Hydro Sunndal. Stedsspesifikke parameterverdier brukt i risikoberegningene Trinn 2.

Parameter	Sjablongverdi	Anvendt verdi	Kommentar
Totalt organisk karbon (TOC) %	1	2,5	Målt
Totalt sedimentareal m <sup>2</sup>	ingen standard	40 000	Beregnet fra kart
Vannvolum m <sup>3</sup>	ingen standard	600 000	Beregnet fra kart og dyp
Opholdstid av vannet år	0,02	0,0082	Anslått fra NIVA Inr 2406-1989
Antall skipsanløp per år	ingen standard	250	Oppgitt av Hydro
Trasélengde for skipsanløp m	120	330	Beregnet fra kart
Oppvirvlet sediment per anløp kg	ingen standard	1000	Fra TA-2802/2011
Fraksjon leire i sedimentet	ingen standard	0,095	Målt

Et første trinn i spredningen er utelekking av miljøgiftene fra partikler til vann (porevann) i sedimentet. Dette er styrt av en likevektskonstant ( $Kd^2$ ) for hver miljøgift. Risikoveilederens Trinn 2 bruker standardverdier for  $Kd$ , men anbefaler at steds-spesifikke konstanter brukes hvis de er tilgjengelige. For PAH-forbindelsene har vi basert vurderingen på  $Kd$ -verdier som er beregnet ut fra analyser av sedimentene utenfor Hydro Sunndal (Ruus m.fl. 2007). Disse dekker alle komponentene analysert unntatt naftalen, acenafylen, acenaften og fluoren (Tabell 3). Tabellen viser at bindingen av PAH-forbindelsene til partikler er mye høyere enn det risikoveilederen tar utgangspunkt i.

Tabell 3. Lokale  $Kd$ -verdier (liter/kg) for Sunndalsfjorden (Ruus m.fl. 2007) og  $Kd$ -verdier fra risikoveilederen TA-2802/2011. Lokale verdier er ikke utledet for de lavmolekylære forbindelsene naftalen, acenafylen, acenaften og fluoren.

	Steds-spesifikk $Kd$	<b><math>Kd</math> Trinn 2 i TA-2802/2011</b>
Fenantren	58583	229
Antracen	60707	282
Fluoranten	193501	1445
Pyren	108358	589
Benzo(a)antracen	1043915	5012
Krysken	901713	3981
Benzo(b)fluoranten	713877	8128
Benzo(k)fluoranten	862303	7943
Benzo(a)pyren	2199152	8317
Indeno(1,2,3-cd)pyren	1959675	23442
Dibenzo(a,h)antracen	1448692	19498
Benzo(ghi)perlen	1197896	10233

<sup>2</sup>  $Kd$  = Konsentrasjon i sediment/konsentrasjon i porevann ved likevektstilstand



### 3. Risikovurdering

#### 3.1 Spredning av miljøgifter til vannmassene

Tilførsel av hver miljøgift til vannmassene som følge av propellerosjon beregnes etter formelen (Klfs veileder TA-2802/2011, Faktaboks 6):

$$F_{skip} = \frac{2 \cdot N_{skip} \cdot m_{sed} \cdot C_{sed} \cdot (f_{lost} + f_{susp})}{A_{skip}} \quad (1)$$

der:

$F_{skip}$  = spredning som følge av skipstrafikk ( $\text{mg}/\text{m}^2/\text{år}$ )

$N_{skip}$  = antall skipsanløp pr. år

$C_{sed}$  = sedimentkonsentrasjon ( $\text{mg}/\text{kg}$  tørrvekt)

$f_{lost}$  = fraksjon løst, den delen av sedimentinnholdet som kan løse seg opp etter oppvirvling

$f_{susp}$  = fraksjon suspendert (sedimentfraksjon  $< 2\mu\text{m}$ )

$A_{skip}$  = totalt sedimentareal grunnere enn 20 m dyp som påvirkes av skipstrafikken ( $\text{m}^2$ )

$m_{sed}$  = mengde oppvirvet finfraksjon sediment pr anløp ( $\text{kg}/\text{anløp}$ ).

Den mest usikre inngangsparameteren for beregning av  $F_{skip}$  er mengde oppvirvet finfraksjon pr anløp ( $m_{sed}$ ). I risikovurderingen er  $m_{sed}$  beregnet ved bruk av sjablongverdi for kg oppvirvet pr skipsanløp (en vei) normalisert til reell lengde på skipstraséen der denne er grunnere enn 20 m. Vi har tatt utgangspunkt i betegnelsen «industrihavn» som havneanlegg og «silt og leire» som bunnsubstrat grunnere enn 20 m og følgelig sjablongverdien for  $m_{sed}$  på 1000 kg/anløp. Den beregnede mengden finfraksjon av sedimentene som virvles opp ved et anløp en vei ( $m_{sed}$ ) blir da 2500 kg, eller 5000 kg samlet for anløp og avgang. Med 250 anløp i året utgjør dette en samlet årlig oppvirvling på 1250 tonn.

Tabell 4 viser beregnet total fluks ( $\text{mg}/\text{m}^2/\text{år}$ ) av miljøgiftene ut av sedimentet i området påvirket av skipstrafikken til og fra Hydro Sunndal. Fluksen vises samlet for de tre transportvegene i Trinn 2. Tabellen viser også hvordan denne fluksen overskridende fluks fra et sediment som tilfredsstiller kravene til akseptabel risiko i Trinn 1 (Tilstandsklasse II etter Klfs klassifiseringsveileder TA-2229/2007). Alle unntatt en av PAH-forbindelsene viser overskridelse, med faktor varierende fra 3 til 206. Verken metaller, PCB eller TBT viser overskridelse.

Tabell 4. Hydro Sunndal. Fluks av miljøgifter ut av sedimentet utenfor kaia. For de stoffene som overskridet tilsvarende spredning fra et sediment i Tilstandsklasse II (Klif TA-2229/2007) er faktor for overskridelse vist. Fluksene er beregnet på basis av høyeste nivå av miljøgifter (maks) og gjennomsnitt (middel) for hele området påvirket av skipstrafikk.

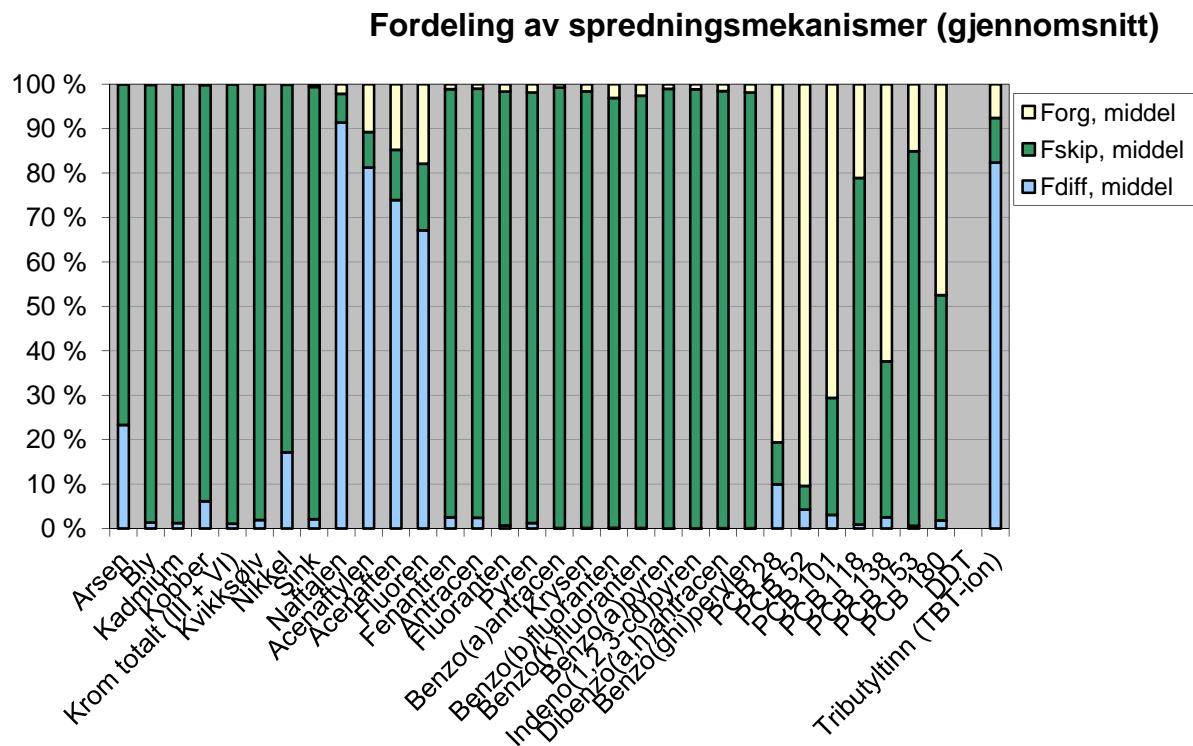
<b>Stoff</b>	<b>Beregnet spredning ikke påvirket av skipsoppvirveling (<math>F_{diff} + F_{org}</math>)</b>		<b>Beregnet total spredning (<math>F_{diff} + F_{org} + F_{skip}</math>)</b>		<b>Spredning (<math>F_{tot}</math>) dersom <math>C_{sed}</math> er lik grenseverdi for trinn 1 (mg/m<sup>2</sup>/år)</b>	<b><math>F_{tot}</math> overskridet tillatt spredning med:</b>	
	Maks (mg/m <sup>2</sup> /år)	Middel (mg/m <sup>2</sup> /år)	$F_{tot}$ , maks (mg/m <sup>2</sup> /år)	$F_{tot}$ , middel (mg/m <sup>2</sup> /år)		Maks	Middel
Arsen	6,361420185	2,238277472	2,73E+01	9,59E+00	2,25E+02		
Bly	0,995396599	0,583966005	6,64E+01	3,89E+01	2,75E+02		
Kadmium	0,020420436	0,006806812	1,65E+00	5,52E-01	8,60E+00		
Kobber	16,30512177	7,912562491	2,58E+02	1,25E+02	1,78E+02	1	
Krom totalt (III + VI)	1,117515856	1,006622013	1,00E+02	9,05E+01	1,85E+03		
Kvikksølv	0,049060721	0,012320429	2,47E+00	6,20E-01	2,10E+00	1	
Nikkel	30,43908588	17,49094443	1,76E+02	1,01E+02	1,84E+02		
Sink	13,81029105	6,101831684	5,08E+02	2,24E+02	1,20E+03		
Naftalen	838,6588224	396,0333328	8,97E+02	4,23E+02	1,51E+02	6	3
Acenaftenylen	0,493383489	0,493383489	5,36E-01	5,36E-01	7,92E+00		
Acenaften	331,3929577	162,3251652	3,74E+02	1,83E+02	1,63E+01	23	11
Fluoren	123,1072482	57,18811884	1,45E+02	6,73E+01	1,59E+01	9	4
Fenantren	4,318617899	1,974225325	1,19E+02	5,43E+01	1,43E+01	8	4
Antracen	0,739723864	0,372210262	2,13E+01	1,07E+01	7,37E-01	29	15
Fluoranten	3,825235346	1,749248247	1,61E+02	7,35E+01	1,39E+00	116	53
Pyren	4,013310211	1,834153175	1,28E+02	5,86E+01	3,91E+00	33	15
Benzo(a)antracen	0,897113991	0,393572589	1,02E+02	4,48E+01	3,13E-01	327	143
Krysen	2,276258572	1,025289117	1,30E+02	5,84E+01	1,92E+00	68	30
Benzo(b)fluoranten	3,205878817	1,527398586	9,79E+01	4,67E+01	1,35E+00	72	34
Benzo(k)fluoranten	2,196462731	0,988408229	8,06E+01	3,63E+01	1,20E+00	67	30
Benzo(a)pyren	0,968904583	0,455744008	8,91E+01	4,19E+01	2,34E+00	38	18
Indeno(1,2,3-cd)pyren	0,602199522	0,258276684	4,96E+01	2,13E+01	1,92E-01	259	111
Dibenzo(a,h)antracen	0,266030395	0,106593131	1,63E+01	6,52E+00	2,50E+00	7	3
Benzo(ghi)perlen	1,050833883	0,436752833	5,33E+01	2,22E+01	1,08E-01	495	206
PCB 28	0,008629716	0,008629716	9,53E-03	9,53E-03			
PCB 52	0,288429921	0,091440645	3,05E-01	9,66E-02			
PCB 101	0,059135398	0,020404792	8,03E-02	2,77E-02			
PCB 118	0,004711796	0,00163989	2,14E-02	7,44E-03			
PCB 138	0,046864221	0,020804874	7,22E-02	3,21E-02			
PCB 153	0,003225971	0,001438499	2,05E-02	9,16E-03			
PCB 180	0,00764794	0,003165397	1,55E-02	6,42E-03			
<i>Sum PCB7</i>	<i>4,19E-01</i>	<i>1,48E-01</i>	<i>5,24E-01</i>	<i>1,89E-01</i>			
DDT	mangler data	mangler data	mangler data	mangler data	8,42E-02		
Tributyltinn (TBT-ion)	7,414071528	2,788499019	8,24E+00	3,10E+00	1,27E+01		

Tabell 5 viser beregnet total årlig tilførsel av miljøgifter fra sedimentarealet utenfor Hydro Sunndal . Det er størst total tilførsel til vannmassene av naftalen: 17 kg/år. Tilførsel av sumPAH16 er 46 kg/år. For lavmolekylære PAH betyr diffusjon mest, for de høymolekylære bidrar propellersjon mest (Figur 3). Størst metalltilførsel er fra sink: 9 kg/år. For metallene kommer det største bidraget fra propellersjonen (Figur 3). Tilførselen av PCB og TBT er svært liten.

Tabell 5. Hydro Sunndal. Total årlig tilførsel (kg/år) av miljøgifter fra sedimentene i det området som påvirkes av skipstransporten.  $U_{tot}$ : total tilførsel via alle spredningsveier;  $U_{skip}$ : tilførsel forårsaket av propellersjon alene;  $U_{skip}+U_{diff}$ : total tilførsel til vannmassene.

<b>Stoff</b>	<b>Total tilførsel fra sedimentene kg/år</b>		
	<b><math>U_{tot}</math></b>	<b><math>U_{skip}</math></b>	<b><math>U_{skip}+U_{diff}</math></b>
Arsen	0,4	0,29	0,4
Bly	1,6	1,53	1,6
Kadmium	0,02	0,02	0,0
Kobber	5,0	4,69	5,0
Krom totalt (III + VI)	3,6	3,58	3,6
Kvikksølv	0,02	0,02	0,0
Nikkel	4,1	3,35	4,0
Sink	9,0	8,73	8,9
Naftalen	16,9	1,1	16,6
Acenaftylen	0,02	0,00	0,0
Acenaften	7,3	0,83	6,2
Fluoren	2,7	0,40	2,2
Fenantron	2,2	2,09	2,1
Antracen	0,4	0,41	0,4
Fluoranten	2,9	2,87	2,9
Pyren	2,3	2,27	2,3
Benzo(a)antracen	1,8	1,78	1,8
Krysken	2,3	2,29	2,3
Benzo(b)fluoranten	1,9	1,81	1,8
Benzo(k)fluoranten	1,5	1,41	1,4
Benzo(a)pyren	1,7	1,66	1,7
Indeno(1,2,3-cd)pyren	0,9	0,84	0,8
Dibenzo(a,h)antracen	0,3	0,26	0,3
Benzo(ghi)perylen	0,9	0,87	0,9
<i>Sum lavmolekylære PAH</i>	27,0	2,3	25,0
<i>Sum høymolekulære PAH</i>	19,0	18,6	18,7
<i>Sum PAH16</i>	46,0	20,9	43,7
PCB 28	0,0	0,00	0,0
PCB 52	0,0	0,00	0,0
PCB 101	0,0	0,00	0,0
PCB 118	0,0	0,00	0,0
PCB 138	0,0	0,00	0,0
PCB 153	0,0	0,00	0,0
PCB 180	0,0	0,00	0,0
Tributyltinn (TBT)	0,1	0,01	0,1

Figur 3 viser hvor mye de tre spredningsveiene bidrar med til total miljøgiffertilførsel fra sedimentet. For metallene og PAH er propellerosjon den klart viktigste spredningsveien. For de lavmolekylære PAH-forbindelsene der det ikke er brukt spesifikke likevektskonstanter ( $K_d$ ) for området, er diffusjon viktigst. Spredning gjennom næringskjeden er teoretisk sett bare viktig for PCB, men som vist i Tabell 5 er totalspredningen av PCB svært liten. Spredning ved diffusjon er viktigst for TBT.



Figur 3. Prosentvis fordeling av miljøgiftspredningen på de tre spredningsveiene: biodiffusjon ( $F_{diff}$ ), propellerosjon ( $F_{skip}$ ) og næringskjedetransport ( $F_{org}$ ). Fordelingen er basert på gjennomsnittsnivå av miljøgiftene i sedimentet.

### 3.2 Risiko for effekter på human helse

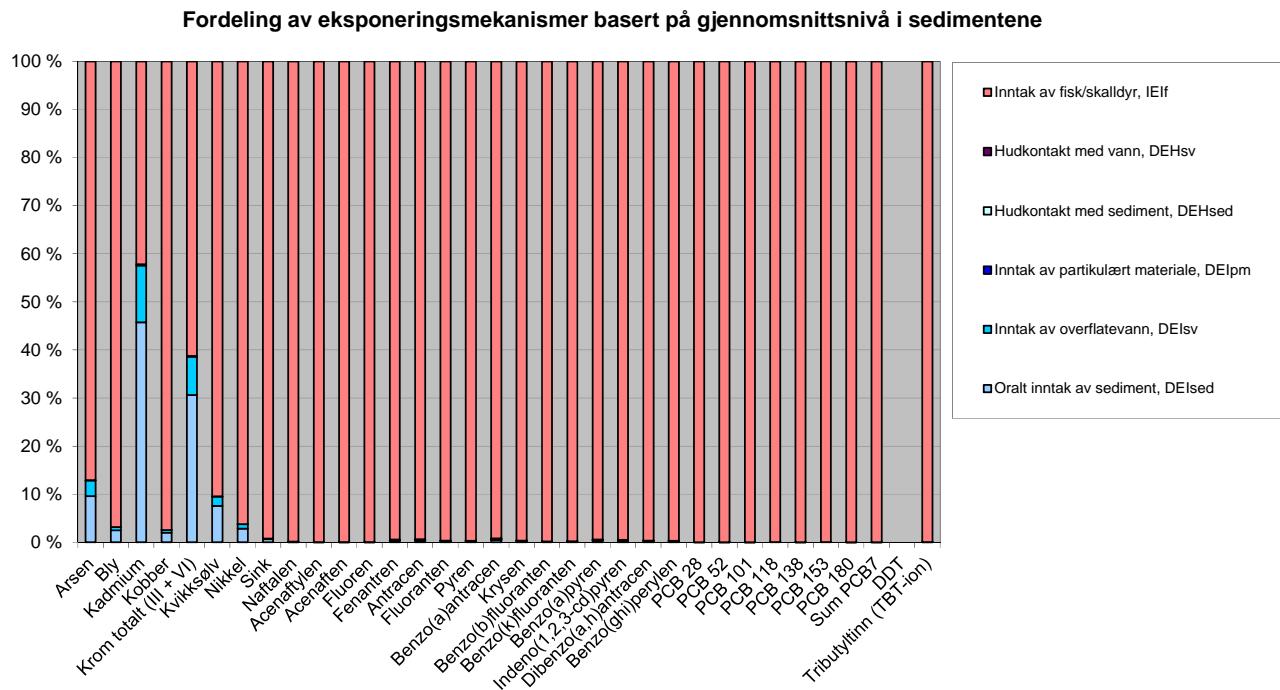
Det er aktuelt å bedømme risikoen for skade på human helse både gjennom konsum av sjømat som kan ha mottatt miljøgifter fra sedimentene og gjennom kontakt med miljøgifter i vann og suspendert sediment (rekreasjon, bading). Tabell 6 viser beregnet samlet livstidseksposering til miljøgifter fra sedimentene, og hvorvidt denne overskridler vedtatte/anbefalte grenseverdier for slik eksponering. Det legges vekt på hvorvidt gjennomsnittsnivåene i sedimentet gir overskridelse. Overskridelsen er klart høyest for PAH-forbindelsen benzo(a)pyren (B(a)p), som har lav grenseverdi fordi den er kreftfremkallende. Overskridelsen er også relativt høy for sum PCB<sub>7</sub>, og det er en liten overskridelse for naftalen og TBT. Sedimentene utgjør derfor en beregnet risiko for skade på human helse. Eksponeringen til de stoffene som overskridet grenseverdiene skjer bare gjennom konsum av lokal sjømat.

Tabell 6. Hydro Sunndal. Beregnet total livstidseksposering (mg/kg kroppsvekt og dag) for de ulike miljøgiftene og faktor for overskridelse i forhold til grenseverdier for human risiko. Faktor er bare vist for stoffer som overskridet grenseverdien.

<b>Stoff</b>	<b>Beregnet total livstidsdose</b>		<b>Grense for human risiko, MTR/TDI 10 % (mg/kg/d)</b>	<b>Beregnet total livs- tidsdose overskridet MTR 10 % med:</b>	
	<b>DOSE<sub>maks</sub> (mg/kg/d)</b>	<b>DOSE<sub>middel</sub> (mg/kg/d)</b>		<b>Maks</b>	<b>Middel</b>
Arsen	2,99E-05	1,05E-05	1,00E-04		
Bly	3,37E-04	1,97E-04	3,60E-04		
Kadmium	6,83E-07	2,28E-07	5,00E-05		
Kobber	1,55E-03	7,53E-04	5,00E-03		
Krom totalt (III + VI)	5,49E-05	4,95E-05	5,00E-04		
Kvikksølv	4,36E-06	1,10E-06	1,00E-05		
Nikkel	6,55E-04	3,76E-04	5,00E-03		
Sink	1,03E-02	4,55E-03	3,00E-02		
Naftalen	6,34E-02	2,99E-02	4,00E-03	16	7
Acenaftylen	1,89E-04	1,89E-04			
Acenaften	1,81E-01	8,85E-02			
Fluoren	8,48E-02	3,94E-02			
Fenantren	4,37E-03	2,00E-03	4,00E-03		
Antracen	7,25E-04	3,65E-04	4,00E-03		
Fluoranten	8,85E-03	4,05E-03	5,00E-03		
Pyren	7,92E-03	3,62E-03			
Benzo(a)antracen	2,56E-03	1,12E-03	5,00E-04		
Krysen	6,89E-03	3,11E-03	5,00E-03		
Benzo(b)fluoranten	1,00E-02	4,76E-03			
Benzo(k)fluoranten	6,85E-03	3,08E-03	5,00E-04		
Benzo(a)pyren	3,04E-03	1,43E-03	2,30E-06	1323	622
Indeno(1,2,3-cd)pyren	1,89E-03	8,12E-04	5,00E-04		
Dibenzo(a,h)antracen	8,35E-04	3,35E-04			
Benzo(ghi)perulen	3,29E-03	1,37E-03	3,00E-03		
PCB 28	2,51E-05	2,51E-05			
PCB 52	9,01E-04	2,86E-04			
PCB 101	1,85E-04	6,40E-05			
PCB 118	1,48E-05	5,14E-06			
PCB 138	1,47E-04	6,54E-05			
PCB 153	1,01E-05	4,52E-06			
PCB 180	2,41E-05	9,98E-06			
<i>Sum PCB7</i>	<i>1,31E-03</i>	<i>4,60E-04</i>	<i>2,00E-06</i>	<i>654</i>	<i>230</i>
DDT	mangler	mangler	1,00E-03		
Tributyltinn (TBT-ion)	2,05E-03	7,70E-04	2,50E-04	8	3

Den beregnede B(a)p-konsentrasjonen i sjømat som ligger til grunn for Tabell 6, kan sammenliknes med nivåer i torsk, krabbe og blåskjell fra Sunndalsfjorden analysert i 2010 (Næs m.fl. 2010). PAH-nivå i fiskekjøtt er generelt meget lavt på grunn av rask omsetning. Derfor måler man normalt bare galle-metabolitter av PAH for å se om de er blitt eksponert. Nivåene av B(a)p-metabolitter var lave i hele fjorden. B(a)p-nivåene i krabbeinnmat fra Flå og Jordalsnes var hhv 0,74 og 0,62 µg/kg v.v.

Høyeste nivå i blåskjell var 1,8 µg/kg v.v. ved Flå. Risikoberegningen i Trinn 2 er basert på et beregnet nivå i sjømat på 1440 µg/kg v.v., dvs en faktor ca 1300 overestimert. Analyser av krabbe er fra lokaliteter ca 10 km utenfor Sunndalsøra, så vi kan ikke utelukke at nivåene er noe høyere lengre inne. På grunn av den store forskjellen mellom målt og beregnet innhold av B(a)p, og siden eventuell fangst av krabbe helt innerst i fjorden neppe er representativ for det som konsumeres av lokal sjømat, mener vi at den reelle risikoen for human helseskade fra B(a)p er lav. Det er ikke gjort tilsvarende analyser av PCB i lokal sjømat, så vi kan ikke utelukke risikoen helt.



Figur 4. Prosentvis fordeling av de ulike mekanismene for påvirkning på human helse. Fordelingen er basert på gjennomsnittsnivå av miljøgiftene i sedimentet.

### 3.3 Risiko for økologiske effekter

Risikoen omfatter effekter både på de organismene som lever i sedimentene og de som finnes i vannmassene som mottar miljøgifter fra sedimentene.

Trinn 1 i risikovurderingen viser at alle PAH-forbindelsene unntatt acenattylen overskridet Klasse II i klassifiseringsveilederen (TA-2229/2007) og utgjør derfor en risiko for økologiske effekter på organismer i sedimentet. Ingen andre stoffer overskridet Klasse II. Størst overskridelse er for benzo(ghi)perjen med faktor 317 og benzo(a)antracen med faktor 227. Miljøgifter løst i porevannet ansees å ha størst betydning for toksiske effekter av sedimentene. Tabell 7 viser beregnede og målte miljøgiftkonsentrasjoner i porevannet i sedimentene og faktor for overskridelse av grense for toksiske effekter ved vedvarende eksponering (PNEC). Med målte konsentrasjoner menes de porevannskonsentrasjonene som fremkommer ved å dividere målte sedimentkonsentrasjoner med beregnede lokale Kd-verdier. Tabellen viser absolutt størst overskridelse for TBT, med faktor 3426. Det er også overskridelse for kobber, nikkel og flere av PAH-forbindelsene, men med langt lavere faktorer. Største er 25 for naftalen. Den store overskridelsen for TBT samsvarer ikke med at TBT ikke

viste overskridelse av økologisk risiko i Trinn 1. Forklaringen er dels at det ikke er samsvar mellom grenseverdien i Trinn 1 og PNEC for effekter i porevann i veileder TA-2802/2011, dels at utelekking av TBT til porevannet er overestimert. Det siste illustreres ved at den beregnede utelekkingen ville ha tømt de øvre 10 cm av sedimentene for TBT innen 4 måneder. Vi anser derfor ikke den høye risikoen fra TBT som reell, men kan ikke helt utelukke at stoffet representerer en viss risiko.

Risikoen for effekter på organismer i vannmassene av miljøgifter som har lekket ut av sedimentene er vist i Tabell 8. Det er bare TBT som viser overskridelse og med en faktor 7. Med samme argumentasjon som for risiko fra TBT i porevannet, anser vi den reelle risikoen fra TBT i vannmassene som svært liten.

Tabell 7. Hydro Sunndal. Beregnede porevannskonsentrasjoner (mg/l) og faktorer for overskridelse av grenseverdi (PNEC) for kronisk eksponering til miljøgifter i vann.

<b>Stoff</b>	<b>Porevannskonsentrasi- jon beregnet etter TA- 2802/2007</b>		<b>Porevannskonsentrasi- jon beregnet fra stedlige Kd-verdier</b>		<b>Grense- verdi for økologisk risiko, PNEC<sub>w</sub> (ug/l)</b>	<b>Målt eller beregnet porevannskonsentrasjon overskridet PNEC<sub>w</sub> med:</b>	
	C <sub>pv</sub> , maks (mg/l)	C <sub>pv</sub> , middel (mg/l)	C <sub>pv</sub> , maks (mg/l)	C <sub>pv</sub> , middel (mg/l)		<b>Maks</b>	<b>Middel</b>
Arsen	9,54E-04	3,36E-04	ikke målt	ikke målt	4,8		
Bly	1,29E-04	7,58E-05	ikke målt	ikke målt	2,2		
Kadmium	3,85E-06	1,28E-06	ikke målt	ikke målt	0,24		
Kobber	3,02E-03	1,46E-03	ikke målt	ikke målt	0,64	<b>4,7</b>	<b>2,3</b>
Krom totalt (III + VI)	2,53E-04	2,28E-04	ikke målt	ikke målt	3,4		
Kvikksølv	7,40E-06	1,86E-06	ikke målt	ikke målt	0,048		
Nikel	6,22E-03	3,57E-03	ikke målt	ikke målt	2,2	<b>2,8</b>	<b>1,6</b>
Sink	2,07E-03	9,14E-04	ikke målt	ikke målt	2,9		
Naftalen	1,29E-01	6,10E-02	ikke målt	ikke målt	2,4	<b>54</b>	<b>25</b>
Acenaften	7,69E-05	7,69E-05	ikke målt	ikke målt	1,3		
Acenaften	4,97E-02	2,43E-02	ikke målt	ikke målt	3,8	<b>13</b>	<b>6,4</b>
Fluoren	1,84E-02	8,56E-03	ikke målt	ikke målt	2,5	<b>7,4</b>	<b>3,4</b>
Fenantren	6,11E-02	2,79E-02	5,97E-04	2,73E-04	1,3		
Antracen	8,94E-03	4,50E-03	1,04E-04	5,22E-05	0,11		
Fluoranten	1,33E-02	6,08E-03	2,48E-04	1,13E-04	0,12	<b>1,1</b>	
Pyren	2,58E-02	1,18E-02	3,51E-04	1,60E-04	0,023	<b>14</b>	<b>6,0</b>
Benzo(a)antracen	2,47E-03	1,09E-03	2,97E-05	1,30E-05	0,012	<b>1,5</b>	
Krysen	3,92E-03	1,77E-03	4,33E-05	1,95E-05	0,07		
Benzo(b)fluoranten	1,43E-03	6,80E-04	4,06E-05	1,94E-05	0,03		
Benzo(k)fluoranten	1,21E-03	5,44E-04	2,78E-05	1,25E-05	0,027		
Benzo(a)pyren	1,30E-03	6,11E-04	1,23E-05	5,77E-06	0,05		
Indeno(1,2,3-cd)pyren	2,56E-04	1,10E-04	7,65E-06	3,28E-06	0,002	<b>2,8</b>	
Dibenzo(a,h)antracen	1,01E-04	4,03E-05	3,38E-06	1,36E-06	0,03		
Benzo(ghi)perlen	6,25E-04	2,60E-04	1,34E-05	5,55E-06	0,002	<b>5,7</b>	<b>1,8</b>
PCB 28	2,46E-07	2,46E-07	ikke målt	ikke målt			
PCB 52	3,67E-06	1,16E-06	ikke målt	ikke målt			
PCB 101	7,56E-07	2,61E-07	ikke målt	ikke målt			
PCB 118	6,02E-08	2,10E-08	ikke målt	ikke målt			
PCB 138	6,01E-07	2,67E-07	ikke målt	ikke målt			
PCB 153	4,13E-08	1,84E-08	ikke målt	ikke målt			
PCB 180	9,82E-08	4,07E-08	ikke målt	ikke målt			
<i>Sum PCB7</i>	<b>5,47E-06</b>	<b>2,02E-06</b>	<b>ikke målt</b>	<b>ikke målt</b>			
DDT	mangler data	mangler data	ikke målt	ikke målt	0,001		
Tributyltinn (TBT-ion)	1,91E-03	7,19E-04	ikke målt	ikke målt	0,0002	<b>9108</b>	<b>3426</b>

Tabell 8. Hydro Sunndal. Beregnede miljøgiftkonsentrasjoner i vannmassene over sedimentene (mg/l) og faktorer for overskridelse av grenseverdi (PNEC) for kronisk eksponering til miljøgifter i vann.

Stoff	Beregnet sjøvannskonsentrasjon		Målt sjøvannskonsentrasjon		Grense-verdi for økologisk risiko, PNEC <sub>w</sub> (ug/l)	Beregnet sjøvannskonsentrasjon overskridet PNEC <sub>w</sub> med:	
	C <sub>sv</sub> , maks (mg/l)	C <sub>sv</sub> , middel (mg/l)	C <sub>sv</sub> , maks (mg/l)	C <sub>sv</sub> , middel (mg/l)		Maks	Middel
Arsen	1,49E-02	5,24E-03	ikke målt	ikke målt	4,8		
Bly	3,62E-02	2,12E-02	ikke målt	ikke målt	2,2		
Kadmium	9,04E-04	3,01E-04	ikke målt	ikke målt	0,24		
Kobber	1,41E-01	6,82E-02	ikke målt	ikke målt	0,64		
Krom totalt (III + VI)	5,49E-02	4,95E-02	ikke målt	ikke målt	3,4		
Kvikksølv	1,35E-03	3,39E-04	ikke målt	ikke målt	0,048		
Nikkel	9,63E-02	5,53E-02	ikke målt	ikke målt	2,2		
Sink	2,76E-01	1,22E-01	ikke målt	ikke målt	2,9		
Naftalen	4,80E-01	2,27E-01	ikke målt	ikke målt	2,4		
Acenaftylen	2,61E-04	2,61E-04	ikke målt	ikke målt	1,3		
Acenaften	1,74E-01	8,53E-02	ikke målt	ikke målt	3,8		
Fluoren	6,50E-02	3,02E-02	ikke målt	ikke målt	2,5		
Fenantron	6,42E-02	2,94E-02	ikke målt	ikke målt	1,3		
Antracen	1,16E-02	5,81E-03	ikke målt	ikke målt	0,11		
Fluoranten	8,64E-02	3,95E-02	ikke målt	ikke målt	0,12		
Pyren	6,88E-02	3,14E-02	ikke målt	ikke målt	0,023		
Benzo(a)antracen	5,54E-02	2,43E-02	ikke målt	ikke målt	0,012		
Krysen	6,97E-02	3,14E-02	ikke målt	ikke målt	0,07		
Benzo(b)fluoranten	5,19E-02	2,47E-02	ikke målt	ikke målt	0,03		
Benzo(k)fluoranten	4,29E-02	1,93E-02	ikke målt	ikke målt	0,027		
Benzo(a)pyren	4,82E-02	2,27E-02	ikke målt	ikke målt	0,05		
Indeno(1,2,3-cd)pyren	2,68E-02	1,15E-02	ikke målt	ikke målt	0,002		
Dibenzo(a,h)antracen	8,75E-03	3,51E-03	ikke målt	ikke målt	0,03		
Benzo(ghi)perylen	2,86E-02	1,19E-02	ikke målt	ikke målt	0,002		
PCB 28	1,01E-06	1,01E-06	ikke målt	ikke målt	ingen PNEC	ingen PNEC	
PCB 52	1,60E-05	5,07E-06	ikke målt	ikke målt	ingen PNEC	ingen PNEC	
PCB 101	1,29E-05	4,46E-06	ikke målt	ikke målt	ingen PNEC	ingen PNEC	
PCB 118	9,22E-06	3,21E-06	ikke målt	ikke målt	ingen PNEC	ingen PNEC	
PCB 138	1,49E-05	6,60E-06	ikke målt	ikke målt	ingen PNEC	ingen PNEC	
PCB 153	9,54E-06	4,25E-06	ikke målt	ikke målt	ingen PNEC	ingen PNEC	
PCB 180	4,46E-06	1,84E-06	ikke målt	ikke målt	ingen PNEC	ingen PNEC	
<i>Sum PCB7</i>	<i>6,80E-05</i>	<i>2,64E-05</i>	<i>ikke målt</i>	<i>ikke målt</i>	<i>ingen PNEC</i>	<i>ingen PNEC</i>	
DDT	mangler data	mangler data	ikke målt	ikke målt	0,001		
Tributyltinn (TBT-ion)	4,16E-03	1,57E-03	ikke målt	ikke målt	0,0002	20	7

### 3.4 Spredning som følge av spill fra kaiaktiviteten.

I følge informasjon fra Hydro Aluminium Sunndal er det beregnet en årlig tilførsel av 100-150 tonn oksid og 1,5 tonn koks som spill over kaikanten. Det er dokumentert at koksen ikke inneholder PAH, og det er ikke PAH knyttet til oksidet. Bedriften kjenner ikke til andre kilder til eventuell uhellstilførsel av PAH fra land. Dette betyr at sedimentene er den eneste kilden av betydning til PAH i fjordvannet.

### 3.5 Konklusjon fra risikovurderingen

Risikovurdering av sedimentene i skipspåvirket område utenfor Hydro Aluminium Sunndal viser at utlekking av PAH-forbindelsene unntatt acenaftylen overstiger tilsvarende utlekking fra et sediment i tilstandsklasse II (god) etter Klfs veileder TA-2229/2007. Overskridelse varierer fra en faktor 3 til 206. Verken metaller, PCB eller TBT viser overskridelse. Årlig tilførsel av sumPAH<sub>16</sub> er 48 kg. Største tilførsel av enkeltstoffer er 17 kg/år av naftalen og 9 kg/år av sink. For metallene og de høymolekylære PAH-forbindelsene kommer det største bidraget fra propellerosjon. For de lavmolekylære er diffusjon viktigst. Tilførselen av PCB og TBT er svært liten. Spredning gjennom næringskjeden er teoretisk sett bare viktig for PCB. Spredning ved diffusjon er viktigst for TBT.

Størst bidrag til beregnet risiko for human helse utgjøres av PAH-forbindelsen benzo(a)pyren som har meget lav grenseverdi fordi den er kreftfremkallende. Overskridelsen er også relativt høy for sum PCB<sub>7</sub>, og det er en liten overskridelse for naftalen og TBT. Sedimentene utgjør derfor en risiko for skade på human helse. Eksponeringen til de stoffene som overskridrer grenseverdiene skjer bare gjennom konsum av lokal sjømat. Analyser av blåskjell torsk og krabbe tilsier at risikoen fra benzo(a)pyren neppe er reell. Tilsvarende kontrollanalyser av PCB i sjømat ikke er gjort, men tidligere analyser av dioksiner og dioksinliknende PCB som er ansett som de mest giftige, viser lave nivåer.

Alle PAH-forbindelsene unntatt acenaftylen har konsentrasjon i sedimentene som overskridrer Klasse II i klassifiseringsveilederen TA-2229/2007. De utgjør derfor en risiko for økologiske effekter på organismer i sedimentet. Beregnet porevannskonsentrasjon viser absolutt størst overskridelse av grense for effekter for TBT, med faktor 3426. Det er også overskridelse for kobber, nikkel og flere av PAH-forbindelsene, men med langt lavere faktorer. Det er flere grunner til å anta at den høye risikoen fra TBT ikke er reell, men man kan ikke helt utelukke at stoffet representerer en viss risiko. Det er bare utlekkingen av TBT som utgjør noen risiko for effekter på organismer i vannmassene, men også her anser vi den reelle risikoen fra TBT som svært liten.



## 4. Vurdering av behovet for tiltak

### 4.1.1 Forhold til vannforskriften

Mobilisering og spredning av PAH fra forurensset sediment er hovedfokus for vurdering av behov for tiltak utenfor Hydro Aluminium Sunndal. Behovet for tiltak begrunnes med at de skal bidra til oppfyllelse av vedtatte miljømål. Så vidt vi vet er det ikke etablert miljømål for Sunndalsfjorden, men et av hovedformålene med vannforskriften basert på EUs vanndirektiv, er å gi grunnlag for harmonisert utforming av miljømål for vannforekomster. På basis av et utvalg viktige parametere beskriver forskriften hva som legges i *meget god*, *god* og *middels miljøtilstand* for naturlige vannforekomster (elver, innsjøer, brakkvann, kystvann, grunnvann). *Middels miljøtilstand* er det laveste akseptable målet. Det er videre et krav om at vannforekomster i klasse *meget god* og *god* ikke forringes til klasse *middels*.

Legger man klasse *god* til grunn for miljømålet, så kan man tolke klassifiseringen av de fysisk-kjemiske kvalitetselementene i forskriften til å være at miljøgiftnivåene skal tilfredsstille Klasse II i klassifiseringsveilederen TA-2229/2007. For verftsområder har imidlertid Klif uttrykt at Klasse III også vil være akseptabel. Om Klasse III skal være akseptkriteriet også utenfor Sunndal bør likevel vurderes nærmere siden bindingen av PAH til sedimentet i dette tilfellet er betydelig sterkere enn i fjord- og havneområder generelt.

Legger man klasse *moderat* til grunn, er kravet bare ”forhold som betyr at verdiene for de biologiske kvalitetselementene angitt kan oppnås”. For bunnfauna er dette vagt beskrevet som moderat avvik fra såkalte ”typespesifikke sedimentsamfunn”, dvs det samfunn man kan forvente å finne under de rådende naturlige økologiske fjordforholdene. Næs m.fl. (2010) viste et godt utviklet dyreliv med høy artsrikhet på alle stasjonene (tilstandsklasse I og II), selv om det nærmeste kaiområdet var en økt andel av arter som erfaringmessig tiltar i områder med høye sedimentkonsentrasjoner av PAH. PAH-konsentrasjonene har gjennomgående vist stor nedgang i forhold til tidligere (1986), et resultat som harmonerer med konklusjonen fra modellberegninger NIVA gjennomførte i 2005 (Armitage m.fl. 2005). Det kan derfor være grunn til å anbefale at det ikke gjennomføres aktive tiltak på sedimentene utenfor Hydro Sunndal, men at man følger den forventede naturlige restitusjonen gjennom overvåking.

### 4.1.2 Betydning av propellerosjon for risiko fra PAH

Propellerosjon har sannsynligvis liten direkte innvirkning på risiko for effekter av PAH på sedimentlevende organismer innenfor det området som påvirkes av skipsaktiviteten, men kan tilføre PAH-holdige partikler til omkringliggende bunnområder. Denne transporten er ikke undersøkt, men som nevnt ovenfor har sedimentene i hele området en rik bunnfauna (klasse I og II) som viser at slik tilførsel i så fall ikke har hatt påvisbar negativ betydning på sedimentfaunaen.

Risiko fra PAH i sedimentene for skade på human helse er bare knyttet til benzo(a)pyren transportert i næringskjeden til sjømat, ikke resuspendert sediment. Ut fra det vil ikke propellerosjon bidra til helsemessig risiko, selv om den står for 98 % av total transport av benzo(a)pyren fra sedimentene. Resultatene peker derfor ikke på klare behov for tiltak på skipstrafikkemønsteret utenfor kaiområdet.



## 5. Referanser

Armitage, J., Saloranta, T. M. 2005. Simulating the fate of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) in the Sunndalsfjord. NIVA Rapport l.nr.: 5113. 35s.

Bakke, T., Breedveld, G., Källqvist, T., Oen, A., Eek, E., Ruus, A., Kibsgaard, A., Helland, A. & Hylland, K. 2007 a. Veileder for risikovurdering av forurensset sediment. SFT-rapport TA-2230/2007. 65 s.

Bakke, T., Breedveld, G., Källqvist, T., Oen, A., Eek, E., Ruus, A., Kibsgaard, A., Helland, A. & Hylland, K. 2007b. Bakgrunnsdokument til veiledere TA-2229 og TA-2230. SFT-rapport TA-2231/2007. 204 s.

Bakke, T., Breedveld, G., Källqvist, T., Oen, A., Eek, E., Ruus, A., Kibsgaard, A., Helland, A. & Hylland, K. 2007c. Revidering av klassifisering av metaller og organiske miljøgifter i vann og sedimenter. SFT-rapport TA 2229/2007. 12 s.

Håvardstun J., Bakke, T., Næs, K. 2010. Risikovurdering av propeloppvirveling av sedimenter ved Hydro Sunndals kaiområde. NIVA rapport 5975-2010. 39 s.

Næs, K., I. Allan, E. Oug, H, Chr, Nilsson, J. Håvardstun. 2010. Oppdatering av miljøstatus for Sunndalsfjorden i 2008. Vannmasser, sediment og organismer. NIVA Rapport l.nr. 5941. 92s



## **Vedlegg A. Rådata sedimentanalyser**

AR-11-MM-011238-01



EUNOMO-00035917



Prøvnr.:	439-2011-06290115	Prøvetakingsdato:	02.06.2011	
Prøvetype:	Sedimenter	Prøvetaker:	Oppdragsgiver	
Prøvemerking:	St. 1 1169.1 005-01272-0000060519	Analysestartdato:	29.06.2011	
Analyse	Resultat:	Enhet:	MU	Metode:
* Total tørstoff	65	%	15%	NS 4764
<b>PAH 16 EPA</b>				
Naftalen	2.6	mg/kg TS	25%	ISO/DIS 16703-Mod 0.01
Acenaftylen	<0.01	mg/kg TS	40%	ISO/DIS 16703-Mod 0.01
Acenaften	5.5	mg/kg TS	25%	ISO/DIS 16703-Mod 0.01
Fluoren	2.9	mg/kg TS	25%	ISO/DIS 16703-Mod 0.01
Fenantren	21	mg/kg TS	25%	ISO/DIS 16703-Mod 0.01
Antracon	4.3	mg/kg TS	25%	ISO/DIS 16703-Mod 0.01
Fluoranten	31	mg/kg TS	25%	ISO/DIS 16703-Mod 0.01
Pyren	24	mg/kg TS	25%	ISO/DIS 16703-Mod 0.01
Benzo[a]antracon	18	mg/kg TS	25%	ISO/DIS 16703-Mod 0.01
Krysen/Trifenylen	25	mg/kg TS	35%	ISO/DIS 16703-Mod 0.01
Benzo[b]fluoranten	23	mg/kg TS	25%	ISO/DIS 16703-Mod 0.01
Benzo[k]fluoranten	15	mg/kg TS	25%	ISO/DIS 16703-Mod 0.01
Benzo[a]pyren	20	mg/kg TS	25%	ISO/DIS 16703-Mod 0.01
Indeno[1,2,3-cd]pyren	15	mg/kg TS	30%	ISO/DIS 16703-Mod 0.01
Dibenzo[a,h]antracon	4.9	mg/kg TS	40%	ISO/DIS 16703-Mod 0.01
Benzo[g,h,i]perylen	16	mg/kg TS	40%	ISO/DIS 16703-Mod 0.01
Sum 16 PAH (16 EPA)	230	mg/kg TS		ISO/DIS 16703-Mod
<b>PCB 7</b>				
PCB 28	<0.0005	mg/kg TS	40%	ISO/DIS 16703-Mod 0.0005
PCB 52	0.0046	mg/kg TS	25%	ISO/DIS 16703-Mod 0.0005
PCB 101	0.0084	mg/kg TS	25%	ISO/DIS 16703-Mod 0.0005
PCB 118	0.0051	mg/kg TS	25%	ISO/DIS 16703-Mod 0.0005
PCB 138	0.0077	mg/kg TS	25%	ISO/DIS 16703-Mod 0.0005
PCB 153	0.0053	mg/kg TS	25%	ISO/DIS 16703-Mod 0.0005
PCB 180	0.0024	mg/kg TS	40%	ISO/DIS 16703-Mod 0.0005
Sum 7 PCB	0.032	mg/kg TS		ISO/DIS 16703-Mod
<b>a) Tinnorganisk ~ 8 komponenter</b>				
Monobutyltinn (MBT)	32.9	µg/kg tv	AIR OC 129	1
Monobutyltinn (MBT) - Sn	22.2	µg/kg tv	AIR OC 129	
Dibutyltinn (DBT)	25.7	µg/kg tv	AIR OC 129	1
Dibutyltinn-Sn (DBT-Sn)	13.1	µg/kg tv	AIR OC 129	
Tributyltinn (TBT)	26.4	µg/kg tv	AIR OC 129	1
Tributyltinn (TBT) - Sn	10.8	µg/kg tv	AIR OC 129	
Tetrabutyltinn (TetraBT)	< 2.4	µg/kg tv	AIR OC 129	1
Tetrabutyltinn (TTBT) - Sn	< 0.8	µg/kg tv	AIR OC 129	
Monooktyltinn (MOT)	6.6	µg/kg tv	AIR OC 129	1
Monooktyltinn (MOT) - Sn	3.4	µg/kg tv	AIR OC 129	
Dioktyltinn (DOT)	10.2	µg/kg tv	AIR OC 129	1
Dioktyltinn-Sn (DOT-Sn)	3.5	µg/kg tv	AIR OC 129	

Tegnforklaring:

\* (Ikke omfattet av akkrediteringen)

&lt; :Mindre enn, &gt; :Større enn, nd :Ikke påvist, MPN :Most Probable Number, cfu :Colony Forming Units, MU :Uncertainty of Measurement, LOQ :Kvantifiseringsgrense

Opplysninger om måleusikkerhet fås ved henvendelse til laboratoriet.

Rapporten må ikke gjengis, unntatt i sin helhet, uten laboratoriets skriftlige godkjennelse. Resultatene gjelder kun for de(n) undersøkte prøven(e).

Side 2 av 13

AR-11-MM-011238-01



EUNOMO-00035917



Trifenyttinn (TPhT)	< 2.4 µg/kg tv	AIR OC 129	1
Trifenyttinn (TPhT) - Sn	< 0.8 µg/kg tv	AIR OC 129	
Trisykloheksyttinn (TCHT)	< 13.8 µg/kg tv	AIR OC 129	2
Trisykloheksyttinn (TCHT) - Sn	< 4.5 µg/kg tv	AIR OC 129	
b) Kornstørrelse < 63 µm	26.4 % (v/v) dv		In acc. with NEN 57530.1

AR-11-MM-011238-01



EUNOMO-00035917



Prøvenr.:	439-2011-06290116	Prøvetakningsdato:	02.06.2011		
Prøvetype:	Sedimenter	Prøvetaker:	Oppdragsgiver		
Prøvemerking:	St. 1 1169.2 005-01272-0000060524	Analysesstartdato:	29.06.2011		
Analyse	Resultat:	Enhet:	MU	Metode:	LOQ:
* Total tørststoff	79	%	15%	NS 4764	0.02
PAH 16 EPA					
Naftalen	0.68	mg/kg TS	25%	ISO/DIS 16703-Mod	0.01
Acenaftylen	<0.01	mg/kg TS	40%	ISO/DIS 16703-Mod	0.01
Acenaften	1.3	mg/kg TS	25%	ISO/DIS 16703-Mod	0.01
Fluoren	0.73	mg/kg TS	25%	ISO/DIS 16703-Mod	0.01
Fenantren	5.2	mg/kg TS	25%	ISO/DIS 16703-Mod	0.01
Antraceen	1.2	mg/kg TS	25%	ISO/DIS 16703-Mod	0.01
Floranten	7.3	mg/kg TS	25%	ISO/DIS 16703-Mod	0.01
Pyren	5.8	mg/kg TS	25%	ISO/DIS 16703-Mod	0.01
Benzo[a]antraceen	4.3	mg/kg TS	25%	ISO/DIS 16703-Mod	0.01
Krysentrifenylen	5.2	mg/kg TS	35%	ISO/DIS 16703-Mod	0.01
Benzo[b]fluoranten	4.1	mg/kg TS	25%	ISO/DIS 16703-Mod	0.01
Benzo[k]fluoranten	3.4	mg/kg TS	25%	ISO/DIS 16703-Mod	0.01
Benzo[a]pyren	4.1	mg/kg TS	25%	ISO/DIS 16703-Mod	0.01
Indeno[1,2,3-cd]pyren	2.7	mg/kg TS	30%	ISO/DIS 16703-Mod	0.01
Dibenz[a,h]antraceen	0.74	mg/kg TS	40%	ISO/DIS 16703-Mod	0.01
Benzo[g,h,i]perlylen	2.7	mg/kg TS	40%	ISO/DIS 16703-Mod	0.01
Sum 16 PAH (16 EPA)	49	mg/kg TS		ISO/DIS 16703-Mod	
PCB 7					
PCB 28	<0.0005	mg/kg TS	40%	ISO/DIS 16703-Mod	0.0005
PCB 52	<0.0005	mg/kg TS	40%	ISO/DIS 16703-Mod	0.0005
PCB 101	<0.0005	mg/kg TS	40%	ISO/DIS 16703-Mod	0.0005
PCB 118	<0.0005	mg/kg TS	40%	ISO/DIS 16703-Mod	0.0005
PCB 138	<0.0005	mg/kg TS	40%	ISO/DIS 16703-Mod	0.0005
PCB 153	<0.0005	mg/kg TS	40%	ISO/DIS 16703-Mod	0.0005
PCB 180	<0.0005	mg/kg TS	40%	ISO/DIS 16703-Mod	0.0005
Sum 7 PCB	nd	mg/kg TS		ISO/DIS 16703-Mod	
a) Tinnorganisk ~ 8 komponenter					
Monobutyltinn (MBT)	< 2.1	µg/kg tv		AIR OC 129	1
Monobutyltinn (MBT) - Sn	< 1.4	µg/kg tv		AIR OC 129	
Dibutyltinn (DBT)	3.0	µg/kg tv		AIR OC 129	1
Dibutyltinn-Sn (DBT-Sn)	1.5	µg/kg tv		AIR OC 129	
Tributyltinn (TBT)	5.1	µg/kg tv		AIR OC 129	1
Tributyltinn (TBT) - Sn	2.1	µg/kg tv		AIR OC 129	
Tetrabutyltinn (TetraBT)	< 2.1	µg/kg tv		AIR OC 129	1
Tetrabutyltinn (TTBT) - Sn	< 0.7	µg/kg tv		AIR OC 129	
Monookytltinn (MOT)	< 2.1	µg/kg tv		AIR OC 129	1
Monookytltinn (MOT) - Sn	< 1.1	µg/kg tv		AIR OC 129	
Diokytltinn (DOT)	< 3.6	µg/kg tv		AIR OC 129	1
Diokytltinn-Sn (DOT-Sn)	< 1.2	µg/kg tv		AIR OC 129	

Tegnforklaring:

\* (Ikke omfattet av akkrediteringen)

&lt; :Mindre enn, &gt; :Større enn, nd :Ikke påvist, MPN :Most Probable Number, cfu :Colony Forming Units, MU :Uncertainty of Measurement, LOQ :Kvantifiseringsgrense

Opplysninger om måleusikkerhet fås ved henvendelse til laboratoriet.

Rapporten må ikke diendis, unntatt i sin helhet, uten laboratoriets skriftlige oodkjenning. Resultatene gjelder kun for de(n) undersøkte ørene(n).

Side 4 av 13

AR-11-MM-011238-01



EUNOMO-00035917



Trifenyltinn (TPhT)	< 2.8	µg/kg tv	AIR OC 129	1
Trifenyltinn (TPhT) - Sn	< 1	µg/kg tv	AIR OC 129	
Trisykloheksyltinn (TCHT)	< 8.7	µg/kg tv	AIR OC 129	2
Trisykloheksyltinn (TCHT) - Sn	< 2.8	µg/kg tv	AIR OC 129	
b) Kornstørrelse < 63 µm	10.6	% (v/v) dv	In acc. with NEN 57530.1	

AR-11-MM-011238-01



EUNOMO-00035917



Prøvnr.:	439-2011-06290117	Prøvetakningsdato:	02.06.2011	
Prøvetype:	Sedimenter	Prøvetaker:	Oppdragsgiver	
Prøvemerking:	St. 1 1169.3 005-01272-0000060525	Analysestartdato:	29.06.2011	
<b>Analysen</b>				
	Resultat:	Enhet:	MU	Metode:
* Total tørstoff	76	%	15%	NS 4764
PAH 16 EPA				
Naftalen	3.3	mg/kg TS	25%	ISO/DIS 16703-Mod 0.01
Acenaftylen	<0.01	mg/kg TS	40%	ISO/DIS 16703-Mod 0.01
Acenaften	5.6	mg/kg TS	25%	ISO/DIS 16703-Mod 0.01
Fluoren	3.4	mg/kg TS	25%	ISO/DIS 16703-Mod 0.01
Fenantren	24	mg/kg TS	25%	ISO/DIS 16703-Mod 0.01
Antracen	5.0	mg/kg TS	25%	ISO/DIS 16703-Mod 0.01
Fluoranten	30	mg/kg TS	25%	ISO/DIS 16703-Mod 0.01
Pyren	24	mg/kg TS	25%	ISO/DIS 16703-Mod 0.01
Benzo[a]antracen	18	mg/kg TS	25%	ISO/DIS 16703-Mod 0.01
Krysentrifenylen	23	mg/kg TS	35%	ISO/DIS 16703-Mod 0.01
Benzo[b]fluoranten	16	mg/kg TS	25%	ISO/DIS 16703-Mod 0.01
Benzo[k]fluoranten	14	mg/kg TS	25%	ISO/DIS 16703-Mod 0.01
Benzo[a]pyren	15	mg/kg TS	25%	ISO/DIS 16703-Mod 0.01
Indeno[1,2,3-cd]pyren	5.0	mg/kg TS	30%	ISO/DIS 16703-Mod 0.01
Dibenz[a,h]antracen	1.3	mg/kg TS	40%	ISO/DIS 16703-Mod 0.01
Benzo[g,h,i]perylen	4.5	mg/kg TS	40%	ISO/DIS 16703-Mod 0.01
Sum 16 PAH (16 EPA)	190	mg/kg TS		ISO/DIS 16703-Mod
PCB 7				
PCB 28	<0.0005	mg/kg TS	40%	ISO/DIS 16703-Mod 0.0005
PCB 52	0.0017	mg/kg TS	40%	ISO/DIS 16703-Mod 0.0005
PCB 101	0.0025	mg/kg TS	40%	ISO/DIS 16703-Mod 0.0005
PCB 118	0.0022	mg/kg TS	40%	ISO/DIS 16703-Mod 0.0005
PCB 138	0.0047	mg/kg TS	25%	ISO/DIS 16703-Mod 0.0005
PCB 153	0.0031	mg/kg TS	25%	ISO/DIS 16703-Mod 0.0005
PCB 180	0.0013	mg/kg TS	40%	ISO/DIS 16703-Mod 0.0005
Sum 7 PCB	0.016	mg/kg TS		ISO/DIS 16703-Mod
<b>a) Tinnorganisk ~ 8 komponenter</b>				
Monobutyltinn (MBT)	9.1	µg/kg tv	AIR OC 129	1
Monobutyltinn (MBT) - Sn	6.1	µg/kg tv	AIR OC 129	
Dibutyltinn (DBT)	16.0	µg/kg tv	AIR OC 129	1
Dibutyltinn-Sn (DBT-Sn)	8.2	µg/kg tv	AIR OC 129	
Tributyltinn (TBT)	52.6	µg/kg tv	AIR OC 129	1
Tributyltinn (TBT) - Sn	21.5	µg/kg tv	AIR OC 129	
Tetrabutyltinn (TetraBT)	< 2.1	µg/kg tv	AIR OC 129	1
Tetrabutyltinn (TTBT) - Sn	< 0.7	µg/kg tv	AIR OC 129	
Monooktyltinn (MOT)	< 2.1	µg/kg tv	AIR OC 129	1
Monooktyltinn (MOT) - Sn	< 1.1	µg/kg tv	AIR OC 129	
Dioktyltinn (DOT)	< 2.1	µg/kg tv	AIR OC 129	1
Dioktyltinn-Sn (DOT-Sn)	< 0.7	µg/kg tv	AIR OC 129	

**Tegnforklaring:**

\* (Ikke omfattet av akkrediteringen)

&lt; :Mindre enn, &gt; :Større enn, nd :Ikke påvist, MPN :Most Probable Number, cfu :Colony Forming Units, MU :Uncertainty of Measurement, LOQ :Kvantifiseringsgrense

Opplysninger om måleusikkerhet fås ved henvendelse til laboratoriet.

Rapporten må ikke qengis, unntatt i sin helhet, uten laboratoriets skriftlige godkjennelse. Resultatene gjelder kun for de(n) undersøkte prøven(e).

Side 6 av 13

AR-11-MM-011238-01



EUNOMO-00035917



Trifenyltinn (TPhT)	< 2.1 µg/kg tv	AIR OC 129	1
Trifenyltinn (TPhT) - Sn	< 0.7 µg/kg tv	AIR OC 129	
Trisykloheksyltinn (TCHT)	< 14.8 µg/kg tv	AIR OC 129	2
Trisykloheksyltinn (TCHT) - Sn	< 4.8 µg/kg tv	AIR OC 129	
b) Kornstørrelse < 63 µm	13.5 % (v/v) dv		In acc. with NEN 57530.1

AR-11-MM-011238-01



EUNOMO-00035917



Prøvnr.:	439-2011-06290118	Prøvetakingsdato:	02.06.2011	
Prøvetype:	Sedimenter	Prøvetaker:	Oppdragsgiver	
Prøvemerking:	St. 1 1169.4 005-01272-0000060526	Analysesstartdato:	29.06.2011	
Analyse	Resultat:	Enhet:	MU	Metode:
* Total tørststoff	74	%	15%	NS 4764
PAH 16 EPA				
Naftalen	0.23	mg/kg TS	25%	ISO/DIS 16703-Mod
Acenaftylen	<0.01	mg/kg TS	40%	ISO/DIS 16703-Mod
Acenaften	0.43	mg/kg TS	25%	ISO/DIS 16703-Mod
Fluoren	0.27	mg/kg TS	25%	ISO/DIS 16703-Mod
Fenantren	2.2	mg/kg TS	25%	ISO/DIS 16703-Mod
Antracon	0.42	mg/kg TS	25%	ISO/DIS 16703-Mod
Floranten	3.4	mg/kg TS	25%	ISO/DIS 16703-Mod
Pyren	2.6	mg/kg TS	25%	ISO/DIS 16703-Mod
Benzo[a]antraceen	2.4	mg/kg TS	25%	ISO/DIS 16703-Mod
Krysen/Trifenylen	3.2	mg/kg TS	35%	ISO/DIS 16703-Mod
Benzo[b]fluoranten	2.3	mg/kg TS	25%	ISO/DIS 16703-Mod
Benzo[k]fluoranten	1.8	mg/kg TS	25%	ISO/DIS 16703-Mod
Benzo[a]pyren	2.1	mg/kg TS	25%	ISO/DIS 16703-Mod
Indeno[1,2,3-cd]pyren	1.4	mg/kg TS	30%	ISO/DIS 16703-Mod
Dibenzo[a,h]antraceen	0.34	mg/kg TS	40%	ISO/DIS 16703-Mod
Benzo[g,h,i]perylen	1.6	mg/kg TS	40%	ISO/DIS 16703-Mod
Sum 16 PAH (16 EPA)	25	mg/kg TS		ISO/DIS 16703-Mod
PCB 7				
PCB 28	<0.0005	mg/kg TS	40%	ISO/DIS 16703-Mod
PCB 52	<0.0005	mg/kg TS	40%	ISO/DIS 16703-Mod
PCB 101	<0.0005	mg/kg TS	40%	ISO/DIS 16703-Mod
PCB 118	<0.0005	mg/kg TS	40%	ISO/DIS 16703-Mod
PCB 138	0.00066	mg/kg TS	40%	ISO/DIS 16703-Mod
PCB 153	0.00053	mg/kg TS	40%	ISO/DIS 16703-Mod
PCB 180	<0.0005	mg/kg TS	40%	ISO/DIS 16703-Mod
Sum 7 PCB	0.0012	mg/kg TS		ISO/DIS 16703-Mod
a) Tinnorganisk ~ 8 komponenter				
Monobutyltinn (MBT)	< 2.0	µg/kg tv	AIR OC 129	1
Monobutyltinn (MBT) - Sn	< 1.4	µg/kg tv	AIR OC 129	
Dibutyltinn (DBT)	< 2.0	µg/kg tv	AIR OC 129	1
Dibutyltinn-Sn (DBT-Sn)	< 1.0	µg/kg tv	AIR OC 129	
Tributyltinn (TBT)	< 2.2	µg/kg tv	AIR OC 129	1
Tributyltinn (TBT) - Sn	< 0.9	µg/kg tv	AIR OC 129	
Tetrabutyltinn (TetraBT)	< 2.0	µg/kg tv	AIR OC 129	1
Tetrabutyltinn (TTBT) - Sn	< 0.7	µg/kg tv	AIR OC 129	
Monooctyltinn (MOT)	< 2.0	µg/kg tv	AIR OC 129	1
Monooctyltinn (MOT) - Sn	< 1.0	µg/kg tv	AIR OC 129	
Dioktyltinn (DOT)	< 2.3	µg/kg tv	AIR OC 129	1
Dioktyltinn-Sn (DOT-Sn)	< 0.8	µg/kg tv	AIR OC 129	

Tegnforklaring:

\* (Ikke omfattet av akkrediteringen)

&lt; :Mindre enn, &gt; :Større enn, nd :Ikke påvist, MPN :Most Probable Number, cfu :Colony Forming Units, MU :Uncertainty of Measurement, LOQ :Kvantifiseringsgrense

Opplysninger om måleusikkerhet fås ved henvendelse til laboratoriet.

Rapporten må ikke gjengis, unntatt i sin helhet, uten laboratoriets skriftlige godkjennelse. Resultatene gjelder kun for de(n) undersøkte prøven(e).

Side 8 av 13

AR-11-MM-011238-01



EUNOMO-00035917



Trifenytlinn (TPhT)	< 2.0 µg/kg tv	AIR OC 129	1
Trifenytlinn (TPhT) - Sn	< 0.7 µg/kg tv	AIR OC 129	
Trisykloheksylinn (TCHT)	< 6.3 µg/kg tv	AIR OC 129	2
Trisykloheksylinn (TCHT) - Sn	< 2.0 µg/kg tv	AIR OC 129	
b) Kornstørrelse < 63 µm	8.5 % (v/v) dv		In acc. with NEN 57530.1

AR-11-MM-011238-01



EUNOMO-00035917



Prøvnr.:	439-2011-06290119	Prøvetakingsdato:	02.06.2011	
Prøvetype:	Sedimenter	Prøvetaker:	Oppdragsgiver	
Prøvermerking:	St. 1 1169.5 005-01272-0000060527	Analysestartdato:	29.06.2011	
Analyse	Resultat:	Enhet:	MU	Metode:
* Total torrfstoff	72	%	15%	NS 4764
PAH 16 EPA				
Naftalen	0.89	mg/kg TS	25%	ISO/DIS 16703-Mod 0.01
Acenaftylen	<0.01	mg/kg TS	40%	ISO/DIS 16703-Mod 0.01
Acenaften	2.1	mg/kg TS	25%	ISO/DIS 16703-Mod 0.01
Fluoren	1.1	mg/kg TS	25%	ISO/DIS 16703-Mod 0.01
Fenantren	8.6	mg/kg TS	25%	ISO/DIS 16703-Mod 0.01
Antracen	1.8	mg/kg TS	25%	ISO/DIS 16703-Mod 0.01
Fluoranten	12	mg/kg TS	25%	ISO/DIS 16703-Mod 0.01
Pyren	9.8	mg/kg TS	25%	ISO/DIS 16703-Mod 0.01
Benzo[a]antracen	7.9	mg/kg TS	25%	ISO/DIS 16703-Mod 0.01
Krysen/Trifenylen	10	mg/kg TS	35%	ISO/DIS 16703-Mod 0.01
Benzo[b]fluoranten	8.5	mg/kg TS	25%	ISO/DIS 16703-Mod 0.01
Benzo[k]fluoranten	6.6	mg/kg TS	25%	ISO/DIS 16703-Mod 0.01
Benzo[a]pyren	8.0	mg/kg TS	25%	ISO/DIS 16703-Mod 0.01
Indeno[1,2,3-cd]pyren	5.6	mg/kg TS	30%	ISO/DIS 16703-Mod 0.01
Dibenso[a,h]antracen	1.8	mg/kg TS	40%	ISO/DIS 16703-Mod 0.01
Benzo[g,h,i]perrlen	6.6	mg/kg TS	40%	ISO/DIS 16703-Mod 0.01
Sum 16 PAH (16 EPA)	92	mg/kg TS		ISO/DIS 16703-Mod
PCB 7				
PCB 28	<0.0005	mg/kg TS	40%	ISO/DIS 16703-Mod 0.0005
PCB 52	<0.0005	mg/kg TS	40%	ISO/DIS 16703-Mod 0.0005
PCB 101	<0.0005	mg/kg TS	40%	ISO/DIS 16703-Mod 0.0005
PCB 118	<0.0005	mg/kg TS	40%	ISO/DIS 16703-Mod 0.0005
PCB 138	0.0014	mg/kg TS	40%	ISO/DIS 16703-Mod 0.0005
PCB 153	0.0012	mg/kg TS	40%	ISO/DIS 16703-Mod 0.0005
PCB 180	0.00058	mg/kg TS	40%	ISO/DIS 16703-Mod 0.0005
Sum 7 PCB	0.0031	mg/kg TS		ISO/DIS 16703-Mod
a) Tinnorganisk ~ 8 komponenter				
Monobutyltinn (MBT)	6.3	µg/kg tv	AIR OC 129	1
Monobutyltinn (MBT) - Sn	4.2	µg/kg tv	AIR OC 129	
Dibutyltinn (DBT)	5.9	µg/kg tv	AIR OC 129	1
Dibutyltinn-Sn (DBT-Sn)	3.0	µg/kg tv	AIR OC 129	
Tributyltinn (TBT)	9.1	µg/kg tv	AIR OC 129	1
Tributyltinn (TBT) - Sn	3.7	µg/kg tv	AIR OC 129	
Tetrabutyltinn (TetraBT)	< 2.0	µg/kg tv	AIR OC 129	1
Tetrabutyltinn (TTBT) - Sn	< 0.7	µg/kg tv	AIR OC 129	
Monookyltinn (MOT)	< 2.0	µg/kg tv	AIR OC 129	1
Monookyltinn (MOT) - Sn	< 1.0	µg/kg tv	AIR OC 129	
Dioktyltinn (DOT)	< 2.0	µg/kg tv	AIR OC 129	1
Dioktyltinn-Sn (DOT-Sn)	< 0.7	µg/kg tv	AIR OC 129	

Tegnforklaring:

\* (Ikke omfattet av akkrediteringen)

&lt; :Mindre enn, &gt; :Større enn, nd :Ikke påvist, MPN :Most Probable Number, cfu :Colony Forming Units, MU :Uncertainty of Measurement, LOQ :Kvantifiseringsgrense

Opplysninger om måleusikkerhet fås ved henvendelse til laboratoriet.

Rapporten må ikke gjengis, unntatt i sin helhet, uten laboratoriets skriftlige godkjennelse. Resultatene gjelder kun for de(n) undersøkte prøven(e).

Side 10 av 13

**AR-11-MM-011238-01****EUNOMO-00035917**

Trifenyttinn (TPhT)	< 2.0	µg/kg tv	AIR OC 129	1
Trifenyttinn (TPhT) - Sn	< 0.7	µg/kg tv	AIR OC 129	
Trisykloheksyttinn (TCHT)	< 7.1	µg/kg tv	AIR OC 129	2
Trisykloheksyttinn (TCHT) - Sn	< 2.3	µg/kg tv	AIR OC 129	
b) Komstørrelse < 63 µm	21.6 % (v/v) dv			In acc. with NEN 57530.1

AR-11-MM-011238-01



EUNOMO-00035917



Prøvnr.:	439-2011-06290120	Prøvetakingsdato:	02.06.2011	
Prøvetype:	Sedimenter	Prøvetaker:	Oppdragsgiver	
Prøvemerking:	St. 1 1169.6 005-01272-0000060528	Analysestartdato:	29.06.2011	
Analyse	Resultat:	Enhet:	MU	Metode:
* Total tørststoff	71	%	15%	NS 4764
PAH 16 EPA				
Naftalen	4.2	mg/kg TS	25%	ISO/DIS 16703-Mod
Acenaftylen	<0.01	mg/kg TS	40%	ISO/DIS 16703-Mod
Acenaften	7.7	mg/kg TS	25%	ISO/DIS 16703-Mod
Fluoren	4.7	mg/kg TS	25%	ISO/DIS 16703-Mod
Fenantren	35	mg/kg TS	25%	ISO/DIS 16703-Mod
Antracen	6.3	mg/kg TS	25%	ISO/DIS 16703-Mod
Fluoranten	48	mg/kg TS	25%	ISO/DIS 16703-Mod
Pyren	38	mg/kg TS	25%	ISO/DIS 16703-Mod
Benzo[a]antracen	31	mg/kg TS	25%	ISO/DIS 16703-Mod
Krysen/Trifenylen	39	mg/kg TS	35%	ISO/DIS 16703-Mod
Benzo[b]fluoranten	29	mg/kg TS	25%	ISO/DIS 16703-Mod
Benzo[k]fluoranten	24	mg/kg TS	25%	ISO/DIS 16703-Mod
Benzo[a]pyren	27	mg/kg TS	25%	ISO/DIS 16703-Mod
Indeno[1,2,3-cd]pyren	8.9	mg/kg TS	30%	ISO/DIS 16703-Mod
Dibenso[a,h]antracen	2.7	mg/kg TS	40%	ISO/DIS 16703-Mod
Benzo[g,h,i]perylen	8.5	mg/kg TS	40%	ISO/DIS 16703-Mod
Sum 16 PAH (16 EPA)	320	mg/kg TS		ISO/DIS 16703-Mod
PCB 7				
PCB 28	<0.0005	mg/kg TS	40%	ISO/DIS 16703-Mod
PCB 52	0.0017	mg/kg TS	40%	ISO/DIS 16703-Mod
PCB 101	0.0036	mg/kg TS	25%	ISO/DIS 16703-Mod
PCB 118	0.0026	mg/kg TS	25%	ISO/DIS 16703-Mod
PCB 138	0.0058	mg/kg TS	25%	ISO/DIS 16703-Mod
PCB 153	0.0038	mg/kg TS	25%	ISO/DIS 16703-Mod
PCB 180	0.0012	mg/kg TS	40%	ISO/DIS 16703-Mod
Sum 7 PCB	0.019	mg/kg TS		ISO/DIS 16703-Mod
a) Tinnorganisk ~ 8 komponenter				
Monobutyltinn (MBT)	9.4	µg/kg tv	AIR OC 129	1
Monobutyltinn (MBT) - Sn	6.4	µg/kg tv	AIR OC 129	
Dibutyltinn (DBT)	11.1	µg/kg tv	AIR OC 129	1
Dibutyltinn-Sn (DBT-Sn)	5.6	µg/kg tv	AIR OC 129	
Tributyltinn (TBT)	24.4	µg/kg tv	AIR OC 129	1
Tributyltinn (TBT) - Sn	10	µg/kg tv	AIR OC 129	
Tetrabutyltinn (TetraBT)	< 29.6	µg/kg tv	AIR OC 129	1
Tetrabutyltinn (TTBT) - Sn	< 10.1	µg/kg tv	AIR OC 129	
Monooktyltinn (MOT)	< 24.7	µg/kg tv	AIR OC 129	1
Monooktyltinn (MOT) - Sn	< 12.6	µg/kg tv	AIR OC 129	
Dioktyltinn (DOT)	< 39.5	µg/kg tv	AIR OC 129	1
Dioktyltinn-Sn (DOT-Sn)	< 13.6	µg/kg tv	AIR OC 129	

Tegnforklaring:

\* (Ikke omfattet av akkrediteringen)

&lt; :Mindre enn, &gt; :Større enn, nd :Ikke påvist, MPN :Most Probable Number, cfu :Colony Forming Units, MU :Uncertainty of Measurement, LOQ :Kvantifiseringsgrense

Opplysninger om måleusikkerhet fås ved henvendelse til laboratoriet.

Rapporten må ikke gjengis, unntatt i sin helhet, uten laboratoriets skriftlige godkjennelse. Resultatene gjelder kun for de(n) undersøkte prøven(e).

Side 12 av 13

AR-11-MM-011238-01



EUNOMO-00035917



Trifenyttinn (TPhT)	< 24.7	µg/kg tv	AIR OC 129	1
Trifenyttinn (TPhT) - Sn	< 8.4	µg/kg tv	AIR OC 129	
Trisykloheksyttinn (TCHT)	< 88.8	µg/kg tv	AIR OC 129	2
Trisykloheksyttinn (TCHT) - Sn	< 28.6	µg/kg tv	AIR OC 129	
b) Kornstørrelse < 63 µm	33.3 % (v/v) dv			In acc. with NEN 57530.1

**Utførende laboratorium/ Underleverandør:**

- a) DIN EN ISO/IEC 17025:2005 D-PL-14199-01-00 - Eurofins GfA GmbH Hamburg  
 b) Eurofins|Analytico Barneveld RvA L010 - Eurofins Analytico B.V

**Kopi til:**

Bente Lauritzen (bente.lauritzen@niva.no)

Moss 22.07.2011

Grethe Arnestad

ASM/Cand.Mag. Kjemi

Rekvæsjønsnr :2011-01169 Mottattdato :20110623 Godkjentav :KLR Godkjentdato :20110805

Prosjektnr :O 11260

Kunde/Stikkord :Sunnsed

Kontaktp/Saksbeh.:JAH

Analysesvaribel				TTS %	TOC /F	As/C P-Sm	Cd/C P-Sm	Cr/C P-Sm
Enhet ==>				%	µg C/m g TS	µg/g tv.	µg/g tv.	µg/g tv.
Mетоде ==>				TESTNO	B 3	G 6	E 9-5	E 9-5
PnR	PIDato	Merkning	Pøfvetype					
1	20110602	St1	sedis	2011-01169	50.7	40.1	6.3	0.5
2	20110602	St2	sedis	2011-01169	85.2	3.4	<2	<0.2
3	20110602	St3	sedis	2011-01169	66.0	23.8	3	<0.2
4	20110602	St4	sedis	2011-01169	73.2	6.9	<2	<0.2
5	20110602	St5	sedis	2011-01169	52.5	14.9	<2	<0.2
6	20110602	St6	sedis	2011-01169		63.1	<2	<0.2

Analysesvaribel				Cu/C P-Sm	Hg-Sm	Ni/C P-Sm	Pb/C P-Sm
Enhet ==>				µg/g tv.	µg/g tv.	µg/g tv.	µg/g tv.
Mетоде ==>				TESTNO	E 9-5	E 4-3 E 9-5	E 9-5
PnR	PIDato	Merkning	Pøfvetype				
1	20110602	St1	sedis	2011-01169	73.6	0.74 25.8	20
2	20110602	St2	sedis	2011-01169	16.4	0.016 16.5	5.0
3	20110602	St3	sedis	2011-01169	26.6	0.051 19.9	14
4	20110602	St4	sedis	2011-01169	47.9	0.061 44.0	4.4
5	20110602	St5	sedis	2011-01169	25.9	0.047 24.3	10
6	20110602	St6	sedis	2011-01169	23.9	0.20 212	17

Analysesvaribel				Zn/C P-Sm	Ni/C P-Sm	Pb/C P-Sm	Zn/C P-Sm
Enhet ==>				µg/g tv.	µg/g tv.	µg/g tv.	µg/g tv.
Mетоде ==>				TESTNO	E 9-5	E 9-5	E 9-5
PnR	PIDato	Merkning	Pøfvetype				
1	20110602	St1	sedis	151	25.8	20	151
2	20110602	St2	sedis	36.3	16.5	5.0	36.3
3	20110602	St3	sedis	613	19.9	14	613
4	20110602	St4	sedis	35.1	44.0	4.4	35.1
5	20110602	St5	sedis	54.2	24.3	10	54.2
6	20110602	St6	sedis	62.4	212	17	62.4

\* Analysen etden er ikke akkredert.

u Analysesresultater vedlagt iegen analyserapport.

## NIVA: Norges ledende kompetansesenter på vannmiljø

NIVA gir offentlig vannforvaltning, næringsliv og allmennheten grunnlag for god vannforvaltning gjennom oppdragsbasert forsknings-, utrednings- og utviklingsarbeid. NIVA kjennetegnes ved stor faglig bredde og godt kontaktnett til fagmiljøer i inn- og utland. Faglig tyngde, tverrfaglig arbeidsform og en helhetlig tilnærningsmåte er vårt grunnlag for å være en god rådgiver for forvaltning og samfunnsliv.



Norsk institutt for vannforskning

Gaustadalléen 21 • 0349 Oslo  
Telefon: 02348 • Faks: 22 18 52 00  
[www.niva.no](http://www.niva.no) • [post@niva.no](mailto:post@niva.no)